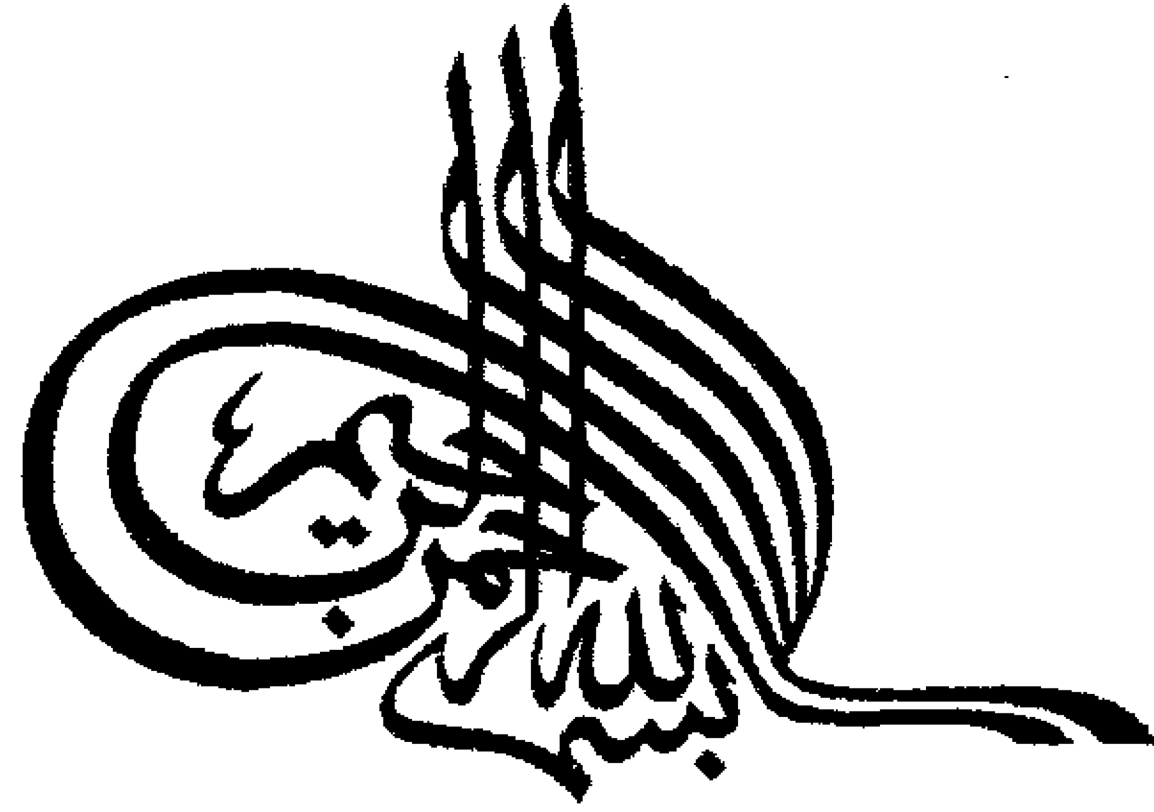
مقدمة في كيمياء
التلوث البيئي

الأستاذ
أحمد السروري





مقدمـــة

في كيميـاء التلوث البيئي

مقدمة
في كيمياء التلوث البيئي

أحمد السروي

استشاري معالجة المياه والدراسات البيئية



رقـــم التصنيــــــــف : 363.738
المؤلف ومن هــو في حكمه : أحمد السروي.
عنـــوان الكتـــــاب : مقدمة في كيمياء التلوث البيئي.
رقـــم الإيـــــداع : 2013/6/1902
الواصفـــــــــات : التلوث //التلوث الكيميائي//البيئة/
بيـــانـــات الناشـــر : عمان – دار ومكتبة الحامد للنشر والتوزيع
يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.
(ردمك) ISBN 978-9957-32-788-0

تم إعداد بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية.

الطبعة الأولى 2014-1435هـ



دار الحامد للنشر والتوزيع
الأردن - عمان - شفا بدران - شارع العرب مقابل جامعة العلوم التطبيقية
هاتف: 5231081 6 962+ فاكس : 5235594 6 962+
ص.ب . (366) الرمز البريدي: (11941) عمان – الأردن
www.daralhamed.net
E-mail : daralhamed@yahoo.com

الإهـــــــــداء

إلى أمي الغالية التي سهرت الليالي من أجل راحتي

إلى أبي العزيز الذي تعب من أجل تعليمي وتربيتي

الي زوجتي الغالية شريكة حياتي ورفيقة دربي

إلى إخوتي سندي في الحياه

إلى أساتذتي المحترمين

أهدي لهم هذا العمل المتواضع . . .

المؤلف

المحتويات

الموضـــوع	الصفحة

الموضـــوع	الصفحة

الموضـــوع	الصفحة

المقدمة

ان الاهتمام بالبيئة المحيطة بالبشر قديم قدم الإنسان نفسه، فالإنسان لا ينفك عن الاحتياج إلى بيئته والتفاعل معها، والانشغال المتخصص بالبيئة والحفاظ على توازنها بالاستخلاف والعمارة.

وعندما نختار كيمياء التلوث البيئي موضوعا لكتاب يقدم لكافة قراء العربية من المتخصصين بمجال البيئة والتلوث البيئي والدراسات البيئية نكون قد تجاوبنا مع حاجة ملحة، لفهم الاطار الذي يعيش فيها الأنسان ويستمد منه كل مقومات حياته، ويتفاعل معه سلبا وايجابا طيلة عمره القصير في هذه الحياة.

وكيمياء التلوث البيئي هو علم يدرس مكونات البيئة والتلوث البيئي من الناحية الكيميائية وتفاعلاتها وكذلك الطبيعة الكيميائية للملوثات البيئية والطرق الكيميائية لمعالجتها.

من وجهة نظر الكيمياء فإن البيئة تقسم إلى اربع مجالات هي:المجال الجوي، المجال المائي، المجال البري، المجال الحيوي. وتنتقل المواد الكيميائية بين هذه الاوساط بالتأثيرات الفيزيائية والكيميائية المختلفة وتسمى باسم الدورات البيوجيوكيميائية، كما تنتقل الطاقة بين الاوساط البيئية في مستويات مختلفة تعرف بدورة الطاقة في البيئة.

ان فكرة هذا الكتاب تنطلق من فهم لقضايا البيئة ومشكلاتها، حيث يقدم هذا الكتاب تحقيق موسع حول نظام المكونات المتغايرة الخواص والعناصر الطبيعية في البيئة، والروابط بين المكونات البيئية المتنوعة «الهواء، الماء، التربة.. وغيرها»، كما يوضح دور الكيمياء في توضيح العمليات الطبيعية ودور المواد التي تحيط بهذه الأنظمة. وطبيعة التلوث الكيميائي والتفاعلات الكيميائية المصاحبة لتلوث الهواء والماء والتربة وغيرها من المكونات البيئية.

اهداف الكتاب:

يقدم هذا الكتاب هذا الموضوع المهم محققا الأهداف المرجوة منه من خلال:

- شرح مفهوم البيئة والنظام البيئي.
- اعطاء صورة كاملة عن الدورات البيوجيوكيميائية التي تحدث في الطبيعة كدورات النتروجين والفسفور والكبريت والكربون وطبيعة التفاعلات الكيميائية المصاحبة لها.
- شرح تركيب ومكونات التربة وخصائصها.
- شرح ملوثات التربة الطبيعية والكيميائية والبيولوجية.
- شرح كيمياء الماء والملوثات المائية.
- شرح كيفية التحكم في التلوث المائي.
- شرح مكونات وخصائص الهواء النقي الغير ملوث.
- شرح الملوثات الهوائية الطبيعية ومصادرها.
- اعطاء صورة كاملة واضحة عن طبيعة وخصائص الانظمة البيئية مثل الهواء والماء والتربة.
- التعرف عن الملوثات المائية والهوائية وملوثات التربة وطرق المكافحة والحد من تلك الملوثات.
- دراسة التفاعلات الكيميائية المصاحبة والناتجة عن الانواع المختلفة من الملوثات البيئية، مثل كيمياء تلوث الهواء وكيمياء تلوث الماء والتلوث الكيميائي للتربة.
- دراسة صور مختلفة من التلوث البيئي المرتبطة بالتلوث الكيميائي مثل التلوث بالمواد المشعة.

المستفيدون من هذا الكتاب:

موضوعات الكتاب من الموضوعات الهامة التي تفيد العديد من المتخصصين والعاملين بالمجالات الآتية:

- المهندسين والكيميائيين والعلميين العاملين في مجال البيئة.
- الباحثين والدراسين في مجال تلوث الهواء والماء والتربة والتلوث البيئي.
- الباحثين والدراسين في مجال الجغرافية البيئية.
- الباحثين والدراسين في مجال دراسات تقييم الاثر البيئي.
- الاستشاريين في مجال حماية البيئة والمهتمين بمجال دراسات تقييم الاثـــر البيئي.
- المتخصصين بشئون البيئة في الشركات الصناعية والخدمية.
- المتخصصين بمعالجة التلوث الهوائي في المصانع.
- المتخصصين بالشئون البيئية في وزارات وهيئات حماية البيئة.
- المتخصصين بالتحكم في التلوث البيئي.
- المتخصصين بالصحة والسلامة المهنية في المجال الصناعي.

وقد تم اعداد الكتاب في سبعة فصول:

الفصل الاول البيئة والانظمة البيئية.

الفصل الثاني كمياء التربة وتلوث التربة والبيئة الارضية.

الفصل الثالث كيمياء الماء والتلوث المائي للبيئة.

الفصل الرابع كيمياء الهواء والتلوث الهوائي للبيئة.

الفصل الخامس التلوث الضوضائي واثاره.

الفصل السادس التلوث الاشعاعي واثاره البيئية والصحية.

الفصل السابع التلوث الكهرومغناطيسي واثاره البيئية والصحية.

ثم قاموس المصطلحات العلمية والمراجع العربية والاجنبية.

الفصل الاول وهو يتحدث عن البيئة وعلاقتها بالأنسان، مع شرح كثير من المفاهيم البيئية الشائعة مثل التنوع البيولوجي بالاضافة الي ذكر عناصر البيئة الطبيعية والاجتماعية والاحيائية والنظام البيئي ومكوناته الحية والغير حية والتوازن البيئي واختلاله والتلوث ومسبباته ومفهومه وانواعه.

بالاضافة الي الدورات الطبيعية لاهم مكونات البيئة مثل الدورة المائية ودورة الكربون ودورة النتروجين والفسفور والكبريت.

الفصل الثاني هذا الفصل يتناول بالشرح كيمياء التربة وتركيبها البيولوجي والعوامل المؤثرة عليها وتلوثها مبينا أهمية التربة وتنوعها البيولوجي و أصناف الأتربة وتركيبها الطبيعي، وعارضا اهم مصادر تلوث التربة الطبيعية كالانجراف، والمصادر الصناعية للتلوث التي سببها الأنسان مثل التلوث بالمبيدات والاسمدة الكيميائية والتلوث الأشعاعي واثر كل هذه الملوثات علي البيئة وعلي الأنسان، ثم كيفية التحكم في تلوث التربة، مع تناول للمعالجة الحيوية للتحكم في ملوثات التربة.

الفصل الثالث وهو يتحدث عن كيمياء الماء والتلوث المائي حيث يتناول الماء وطبيعته الكيميائية ودورة الماء الطبيعية والصناعية علي سطح الأرض وشارحا بالتفصيل تلوث الماء ومصادر هذا التلوث واسبابه وتاثيره علي الأنسان والبيئة وذكر بعض الانشطة الأنسانية التي تؤثر علي البيئة مثل الاستزراع السمكي واصرف المخلفات السائلة للمستشفيات، بالاضافة الي شرح التحكم في تلوث الماء عن طريق معالجة كل من مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي الصناعي والمسح البيئي لمصادر المياه، مع التعرض للموارد المائية في الوطن العربي.

الفصل الرابع وهو يتناول بالشرح كيمياء الهواء ومكوناته وطبيعته والغلاف الجوي وطبقاته المتعددة وتلوث الهواء موضحا بالتفصيل ملوثات الهواء الكيميائية والملوثات الاولية والثانوية ومصادر هذا التلوث واثاره علي الأنسان والبيئة. والتحكم في تلوث الهواء والطرق المناسبة لخفض التلوث والتقليل من اثاره ومنظومة مكافحة التلوث الهوائي.

الفصل الخامس وهو يتحدث عن التلوث الضوضائي شارحا الصوت وشدته ومصادره وما هي الضوضاء ومصادرها الطبيعية والصناعية الي الشرح بالتفصيل لأنواع التلوث الضوضائي وتأثيراته العصبية والنفسية والتاثير علي السمع والتاثير علي انتاج العاملين.ثم مبينا الحماية وكيفية السيطرة على التلوث الضوضائي مع ذكر حالة الضوضاء في مصر من حيث الأسباب والجهود المبذولة للحد منها.

الفصل السادس وهويتناول التلوث الأشعاعي شارحا الأشعة وتصنيفها والنظائر المشعة وعمر المادة المشعة ونواتج تفكك المواد المشعة والمصادر المختلفة للتلوث بالمواد المشعة الطبيعية والصناعية. ومبينا كيفية انتقال المواد ذات النشاط الأشعاعي في البيئة والي الأنسان والآثار الحيوية للاشعاعات المؤينة بالاضافة الي دور الإشعاع فى مجال البيئة.ثم اخيرا طرق السيطرة على التلوث الأشعاعى.

الفصل السابع وهو يصف التلوث الكهرومغناطيسي موضحا طبيعة الطيف الكهرومغناطيسي ومصادر التلوث الكهرومغناطيسي الصادرة من الاجهزة المختلفة والتلوث الصادر من محطات التليفون المحمول والآثار الصحية للموجات الكهرومغناطيسية وطرق تقليل التلوث الصادرمن الاجهزة الكهرومغناطيسية.

كما يحتوي الكتاب علي عشرات الصور والرسوم البيانية والمخططات التوضيحية والجداول البيانية التي تبين وتوضح وتيسر فهم المادة العلمية وتعين علي شرح المصطلحات والمفاهيم العلمية.

وارجو من الله سبحانه وتعالي ان اكون وفقت في تناول هذا الموضوع الهام من خلال هذا العمل وان يكون هذا الكتاب نافعا للناس ومحفزا لهم لمزيد من البحث والدراسة في مجال كيمياء التلوث البيئي. وان يكون مفيدا ونافعا لكل من يقرأه من المتخصصين او الراغبين في التزود بالعلم والثقافة تحت شعار مزيد من الاصدارت العلمية الحديثة بلغتنا العربية الجميلة.

وعلى الله قصد السبيل

اللهم علمنا ما ينفعنا وانفعنا بما علمتنا وزدنا علما

أحمد السروي

استشاري معالجة المياه والدراسات البيئية

الفصل الأول

البيئة والأنظمة البيئية

الفصل الأول

البيئة والأنظمة البيئية

1-1. مقدمة عن البيئة ومشكلاتها

من الملاحظ أن التطور التكنولوجي والاقتصادي الذي شهده العالم بعد الحرب العالمية الثانية قد جلب معه تغيرات كبيرة ايجابية لجودة الإنسان ورفاهيته، وفي نفس الوقت جلبت كثير من الافساد البيئي.وظهرت مشاكل التلوث البيئي في جميع دول العالم المتقدمة والنامية على السواء.

من أهم الأسباب التي أدت الي تفاقم المشكلات البيئية في العالم ما يلي:

- الزيادة الهائلة في عدد السكان وخاصة الدول النامية.
- ازدياد الفجوة الغذائية لدي كثير من دول العالم النامي.
- استنزاف الموارد الطبيعية بصورة شديدة من قبل الدول الصناعية.
- التقدم الصناعي والتكنولوجي وانتاج مواد غريبة وجديدة علي البيئة لاتتحلل بسهولة.
- أتباع اساليب الزراعة المكثفة وزيادة أستخدام الاسمدة الكيماوية والمبيدات.
- قلة او عدم معالجة المخلفات الناتجة عن أنشطة الإنسان المختلفة.
- حوادث نقل المواد السامة مثل تدفق البترول الى البحار والمحيطات بسبب حوادث الناقلات وابار النفط.
- النقص في التخطيط والرقابة او سيادة التخطيط العشوائي وانعدام الرقابة.
- كثرة اندلاع الحروب والنزاعات وحرائق الغابات.

ومن أهم اهداف المحافظة على البيئة وصيانتها ما يلي:

- معالجة التلوث الناتج عن انشطة الإنسان المختلفة الي درجة يمكن للبيئة من استعادة قدرتها علي التنقية الذاتية.

- تقليل استنزاف الموارد الطبيعية عن طريق ايجاد وسائل تقنية جديدة، واعادة الأستفادة من الموارد والبحث عن موارد بديلة.
- المحافظة علي النباتات والحيوانات البرية وصيانة التنوع البيولوجي.
- المحافظة علي رفع انتاجية الاراضي الزراعية والاراضي الرعوية وذلك بالحد من التوسع العمراني وانشاء الطرق في الاراضي الزراعية الجديدة.
- تحميل مسببي التلوث مسئولية فعلهم والزامهم بمعالجة التلوث الناتج.
- توعية المواطن باهمية حماية البيئة واقناعه بأنها ليست مسئولية الدولة فقط بل مسئوليته هو ايضا.
- اتباع اساليب التخطيط البيئي والادارة البيئة السليمة في جميع الأنشطة البشرية.
- تبادل المعلومات والخبرات والابحاث بين دول العالم في مجال البيئة.
- استخدام مصادر بديلة للطاقة للحد من استنزاف البترول والفحم الحجري والطاقة النووية.
- استعمال المواد الكيميائية القابلة للتحلل في البيئة بسهوله ولاتتراكم فيها.

والجدول التالي يبين القضايا البيئية الرئيسية حسب توزع الأقاليم

جدول 1-1

	الأراضي	الغابات	التنوع البيولوجي	المياه العذبة	البحار والمناطق الساحلية	الغلاف الجوي	المناطق الحضرية
أفريقيا	▪ التدهور والتصحر ▪ الملكية غير المناسبة وغير العادلة	▪ إزالة الغابات ▪ تدهور النوعية	▪ تدهور وفقدان الموائل ▪ تجارة لحوم حيوانات الغابة	▪ فقدان موارد المياه ▪ ندرة وضغوط المياه ▪ الحصول على المياه الآمنة والمرافق الصحية	▪ تعرية وتدهور المناطق الساحلية ▪ التلوث ▪ التغير المناخي وارتفاع مستوى سطح البحر	▪ نوعية الهواء ▪ التقلبات المناخية والحساسية للتغيرات المناخية ▪ الفيضانات والجفاف	▪ التحول الحضري السريع ▪ النفايات الصلبة ▪ إمدادات المياه والمرافق الصحية ▪ تلوث الهواء

	الأراضي	الغابات	التنوع البيولوجي	المياه العذبة	البحار والمناطق الساحلية	الغلاف الجوي	المناطق الحضرية
				■تدهور نوعية المياه ■خسارة الأراضي الرطبة			
أسيا والمحيط الهادي	■ التدهور ■ التصحر ■ تغيير أغراض الأراضي	■تدهور الغابات ■ إزالة الغابات	■فقدان الموائل ■تدهور وخسارة الغابات ■ الأنواع المحلية	■ندرة المياه ■ التلوث	■تدهور الموارد البحرية والساحلية ■ التلوث بسبب التنمية والتعدي الساحلي	■نوعية الهواء ■ استنزاف الاوزون ■ انبعاث الغازات الدفينة والتغير المناخي	■تلو الهواء ■ إدارة النفايات ■ إمدادات المياه والمرافق الصحية
اوروبا	■ استخدام الأراضي ■تدهور التربة وانسداد المسامات والتلوث ■تعرية التربة	■فقدان الغابات الطبيعية ■تدهور الغابات الطبيعة ■ إدارة الغابات المستدامة	■ التكثيف الزراعي ■ الكائنات المعدلة الجينات	■كمية ونوعية المياه ■ السياسة والإطار التشريعي	■تعرية السواحل ■ التلوث	■تلوث الهواء ■ استنزاف الاوزون ■ انبعاث الغازات الدفينة	■نوعية الهواء ■ التلوث بالضوضاء ■ النفايات الصلبة
أمريكا اللاتينية والكاريبي	■ تدهور الأراضي ■ ملكية الأراضي	■ إزالة الغابات ■تدهور الغابات	■ التدهور وفقدان الموائل ■ الاستغلال المفرط للموارد والتجارة غير المشروعة	■تناقص المياه المتاحة بالنسبة للفرد ■نوعية المياه	■تحويل وتدمير الموائل ■ التلوث ■ الاستغلال المفرط للثروة السمكية	■تلوث الهواء ■ استنزاف الاوزون ■نوعية الهواء	■ النفايات الصلبة ■ إمدادات المياه والمرافق الصحية ■نوعية الهواء
أمريكا الشمالية	■ تدهور الأراضي ■ المبيدات	■سلامة الغابات ■ الغابات العتيقة	■تدهور وتدمير الموائل ■الغزو البيولوجي	■ المياه الجوفية ■نوعية مياه البحيرات العظمى	■تحويل الأنظمة الإيكولوجية الهشة ■ الاستغلال المفرط	■ استنزاف الاوزون ■ غازات الدفيئة وتغير المناخ	■ الضواحي الحضرية ■ البصمة الإيكولوجية

	الأراضي	الغابات	التنوع البيولوجي	المياه العذبة	البحار والمناطق الساحلية	الغلاف الجوي	المناطق الحضرية
					للموارد البحرية والساحلية ▪ التلوث		
غرب آسيا	▪ تدهور الأراضي ▪ تدهور الأراضي السهلية	▪سلامة الغابات ▪ الاستغلال المفرط ▪ إدارة الغابات المستدامة	▪ التدهور وفقدان الموائل ▪ الاستغلال المفرط للأنواع	▪زيادة الطلب على المياه ▪ الاستغلال المفرط للمياه الجوفية ▪نوعية المياه	▪ التحول الحضري والتنمية الساحلية ▪ الاستغلال المفرط للموارد ▪تلوث البحار	▪ استنزاف الاوزون ▪تلوث الهواء ▪تغير المناخ	▪تحويل الأراضي ▪ النفايات الصلبة
الأقاليم القطبية	▪ التدهور ▪ التعرية ▪ تغير المناخ	▪قضايا الغابات القطبية ▪مهددات غابات التندرا	▪تغير المناخ ▪ استنزاف الاوزون ▪ الاستغلال المفرط	▪ الأنواع الدخيلة ▪ التلوث	▪ الاستغلال المفرط للثروة السمكية ▪ التلوث ▪تغير المناخ	▪ استنزاف الاوزون ▪تلوث الهواء إلى مسافات بعيدة ▪تغير المناخ	▪ المرافق الصحية والنفايات ▪ التلوث

1-2. الإنسان والأرض والبيئة

قبل أن يهبط الإنسان، على وجه الأرض، وقبل تتالي ألأجيال المتعاقبة من ذريته من البشر، خلق الله الأرض وأعدها لهم اعدادا متقنا وأبدع في خلقها ابداعا محكما، فلا عيب ولا نقص ولا فطور، وذلك لتلائم عيش بني الإنسان في أحسن حال وأفضل صحة،، فأنبت له الشجر والزرع، وأجرى له الانهار، وسخر له الليل والنهار، والشمس والقمر، وزوده بنعمة العقل، وجعل الطبيعة في خدمته، قال تعالى: "ألم نجعل الأرض مهادا والجبال أوتادا، وخلقناكم أزواجا، وجعلنا نومكم سباتا، وجعلنا الليل لباسا، وجعلنا النهار معاشا، وبنينا فوقكم سبعا شدادا، وجعلنا

سراجا وهاجا، وأنزلنا من المعصرات ماءً ثجاجا، لنخرج به حبا ونباتا، وجنات ألفافا " [سورة النبأ الآيات من 6 إلى 16].

ومن المفترض أن يعمر الإنسان هذه الأرض بالصلاح والخير وأن يحافظ على خيراتها ونعمها وبيئاتها المتوازنة لتظل أرضا صالحة لمعيشة الأجيال المتعاقبة من بنيه، ولتنعم بقية المخلوقات الحية الأحرى التي خلقها الله، بدون ريب، لخدمة الإنسان ورعايته والحفاظ على استمرارية تواجده على وجه الأرض، ولقد اوكل الله الإنسان لأن يكون حارسا أمينا على أملاكه ومودوعاته في أرضه، واوصاه بأن يحافظ على الأمانات التي اودعها الله له في هذه الأرض، من طبيعة وكنوز وخيرات وثروات ولكنه لم يحافظ على هذه الأمانات،أبدا، بل انتهك حرماتها وعبث في مقدراتها ومكنوناتها ومركباتها وطبائعها، ولهذا أنزل الله قوله،في قرأنه الحكيم، ينتقذ سوء سلوك الإنسان وتصرفاته الخاطئة في مودوعات هذه الأرض وبيئاتها: "إنا عرضنا الأمانة على السموات والأرض والجبال فاشفقن من حملها وحملها الإنسان، إن الإنسان كان جهولا" صدق الله العظيم. نعم، الإنسان جاهل بحكم الله واسرار خلق هذا الكون وموجوداته، ومهما بلغت درجة تطوره في العلم والتقدم، فلن يعي ويدرك أهمية المحافظة على توازن موجودات الكون، ومن أهمها توازن بيئات الأرض الطبيعية. فهو سيظل جاهلا بالعواقب الخطيرة التي تنتج من تخريبه البيئات الطبيعية على وجه الأرض، وبإصراره على جهله هذا، فأنه قد يدمر جميع ما على وجه الأرض من أنواع الحياة التي خلقها الله، فمتى يعي الإنسان ويدرك هذه المخاطر الحقيقية؟

كانت الطبيعة على وجه الأرض، قبل أن يفسدها الإنسان،عذراء تعج بالحياة الفطرية الجميلة التي تأسر قلب الإنسان وتسر ناظريه، وتبعث في نفسه البهجة والسعادة والحبور وكانت تعطيه كل ما يضفو على صحته الهدوء والسلامة والمتانة والقوة، هواء نقي عليل يمنح الصحة والسعادة للبشر، كان وجهها مكسوا بغطاء نباتي أخضر يانع كثيف: غابات من الأشجار وحقول شاسعة من الورود والأزهار

والرياحين،التي تعطر بأعباقها نسيم الهواء العليل الذي يداعب شعور العذارى ويرسله على وجوههن يمنة ويسرى، فيمتلئن حيوية ويزددن جمالا، بحار ومحيطات تزخر بالخيرات وأرزاق العيش، شواطيء بحار مكسوة برمال ذهبية، تتكسرعليها أمواج ماء نقي رقراق، شلالات هادرة بالمياه تنهمر بقوة من قمم الجبل لتشق الأرض وتصنع أنهارا تجري فيها مياه صافية عذبة، لتبعث الحياة على جنباتها، تروي بمياهها كل ما تصادفه في طريقها من البشر والحيوانات والمزروعات المجاورة لضفاف هذه الأنهر، جبال سفوحها مكسوة بزرابي خضر يانعة وأشجار باسقة، عيون جوفية تتفجر منها مياه عذبة، لا ملوحة فيها ولا مرارة، أمطار تهطل من السماء، بإذن الله، لا حمضية ولا قلوية، أنه غيث وفير يسقي الزروع فتنمو وتشمخ بسيقأنها وغصونها واوراقها اليانعة الخضار لعنان السماء في أرض خصبة غير محتاجة لمركبات كيميائية اوهرمونات صناعية، نباتات تحمل عناقيدها ثمارا يانعة ذات مذاق عذب يسيل لها اللعاب عند رؤيتها. تروي وترم الأجسام بمكوناتها المغذية، حزام رصين خلقه الله حول الأرض ليحمي، بإذن الله تعالى، من شرور وغوائل الإشعاعات الشمسية والإشعاعات الكونية التي، بعض أنواعها، عندما تصل وجه الأرض تضر بكل كائن حي: سواء كان الإنسان أم ألحيوان أم النبات، أو أي نوع من الحياة !

هذا، تماما، ماكانت عليه الأرض، قبل بدء الحياة العصرية وتمدن الإنسان وانتشار اختراعه العصرية التي نواتجها الثانوية لوثت البيئات واحدثت اضطرابا في توازن الطبيعي لطبيعة البيئات، أنها كانت حياة طبيعية فطرية متوازنة تماما بانضباط: نواميس ودساتير إلهية اودعها الله فيها قبل عبث الإنسان في معادلاتها، قوانين اودعها الله تعالى، في الأرض بما يصلح وما يضر لخلقه، توازن بيئي دقيق يضمن الأمن والصحة الراقية للبشر، ولكن الإنسان لم يدرك قيمة هذا التوازن البيئي الرصين ولم يصن عهده مع الله، فعبث في بيئات الأرض التي كانت متناسقة، وأفسد كل شيء جميل في الأرض وعليها وفوقها. فمرة باسم تسخير البيئة

القاسية لتلائم حياة الإنسان العصرية، وتارة باسم تذليل الصعوبات التي تعترض حياة الإنسان، وتارة باسم التوسع العمراني ليواكب النمو البشري المطرد، وتارة أخرى باسم زيادة الإنتاج ورفع مستويات الاقتصاد الوطني، لتنمية وتطوير الاوطان، وتارة أخرى باسم التقدم وتطوير العلوم والتكنولوجيات وتطوير وانتاج المخترعات، والأمر الأدهى والأمر هو أن يكون تخريب الأرض وتلويثها وافسادها باسم الردع وصد الأعداء وحماية الاوطان، ولهذا اخترع وانتج الإنسان أسلحة للدمار الشامل، التي تبيد جميع أنواع الحياة !! بعضها يسمى سلاح نووي وآخر يسمى بيولوجي وثالث كيميائي. انفجارات نووية مقصودة هنا وأخرى عرضية او حادثية هناك، خصومات مستعصية على الحل بين أقطار وأمم وشعوب متعادية ومتطاحنة، يلجأ لحلها أحيانا برمي القنابل النووية او الجرثومية او قنابل الغازات السامة التي تبيد ما تلاقيه في وجهها من جميع متنوعات الحياة، لا تفرق بين صغير او كبير ولا بين رجل او أمرأة و لا بين إنسان مسيء وآخر بريء، ولا تفرق بين عدو و صديق او بين بالغ كبير وطفل رضيع، وهي أيضا لا تفرق بين غني وفقير، وهي أي لا تميز بين الإنسان والحيوان والنبات، تبيد كل كائن حي تلاقيه في طريقها.

ومن امثلة الافساد الشديد في الأرض القنبلتين اللتين رميتا على مدينتي: هوريشما ونجازاكي في اليابان؟ قنبلتان ذريتان أبادتا جميع أنواع الحياة والعمران من على وجه أرضي هاتين المدينتين الجميلتين وأحالتا أرضيهما إلى أرضين جرداويتين قاحلتين عقيمتين، لن تنتج حياة ولن تصلح لعيش، بالرغم من مضي عشرات السنين على المأساة ! مخترعوها ومنتجوها يتباهون بتسميتها: " أسلحة تدمير شامل "، لأنها تبيد كل شيء تصادفه في طريقها سواء كان ذلك بشرا او شجرة او حيوانا او حتى دودة تزحف على الأرض: أسلحة لا تبقي ولا تذر !! وحتى يحافظوا على العمران والمصانع يفكر المفسدون في الأرض، اليوم، في اختراع سلاح تدمير شامل من نوع جديد يفني كل كائن حي يصادفه ولكنه يبقي

على البنايات الخرسانية الخرساء والمصانع الحديدة الجامـدة والـورش المميكنـة البلهاء ومعامل تكرير النفط ومضخات نقل الـنفط قائمـة دون تلـف وضـرر، أخترعوا لتحيق ذلك الهدف قنابل يسمونها: "القنبلة النيترونية". لمـاذا كـل هـذا الإجرام المقصود ضد الطبيعة والبشر والحياة، هل المباني الخرساء أغلى وأهم من الإنسان؟ لكنه تيه الإنسان الذي لا يسره ألا أن يتباهى بعبثه وطغيأنه وافساده في تغيير ما خلق الله له، ولا عجب أن يأتي يوم يدمر فيـه المتحضـرون المـاديون حضارتهم المتألفة بأيديهم كما بنوها بأيديهم، كما حدث لأقوام من قبلهم كمـا ذكـر ذلك الله تعالى في كتابه المجيد، وهذا، بدون أدنى ريب، سيكون، إن حدث، عقابـا لهم، في الدنيا، على طغيأنهم وافسادهم اوجه الحياة على وجه الأرض، أمـا فـي الآخرة فعقابهم سيكون أشد وأمر.

ونتيجة لهذه المبررات المادية الواهية، اجتثت الغابات الخضراء الكثيفة فـي كثير من بقاع العالم، وحولوا باجتثاث الأشجار وجه الأرض الأخضر إلى صحاري جرداء مقفرة، وتسببوا قي اختلال دورة الأكسجين في الغلاف الجـوي، وارتفـاع نسبة الغازات السامة في الهواء الذي يتنفسه الإنسان والحيوان والنبات على السواء، ورفعوا بذلك درجات حرارة الأرض في شتى بقـاع الأرض، وأخلـوا بـدورات الطقس المتوازنة، والأمر لم يتوقف عند هذا الحد، بل إندثرت مع اجتثاث الغابـات الكبيرة كثير من أنواع الحياة الحيوانية التي خلقها الله لتحدث التوازن البيئي الهـام التي لا تصلح الأرض للعيش عليها إلا بوجودها. فعندما تندثرأنواع كثيرة من الحياة الحيوانية والنباتية بسبب جور الإنسان واعتدائه عليها، حدث خلل كبير في التوازن البيئي أدى إلى ضرر كبير بجودة عيش المخلوقات على الأرض. لم يتوقف الإنسان عند هذا بل نشر في الأرض كثير من أنواع الملوثات البيئية التي لم تكن موجـودة أصلا عندما أعد الله الأرض لعيش الإنسان والمخلوقات الحية الأخري على وجهها.

1-3. البيئة Environment

في السنوات الاخيرة شاع استخدام لفظة البيئة وكثيرا ما افرط النـــاس فـــي استخدامها، فكثيرا ما نسمع البيئة الثقافية والبيئة الاجتماعية والبيئة الحضرية والبيئة المائية وبيئة العمل... الي اخره من الأستخدامات الشائعة، حتي يظن الـــبعض ان هذه الكلمة ترتبط بجميع الحياة.

وبالرغم من ذلك فأن المفهوم الدقيق لهذه الكلمة لايزال غامضـــا للكثيـــرين، لاسيما أنه ليس هناك تعريف واحد محدد يبين ماهية البيئـــة، ويحـــدد مجالاتهـــا المتعددة.

كما قد يقصد بالبيئة مجازيا اولئك الناس الذين يعيشون فيها. كما يمكـــن ان يعني بالبيئة كافة المخلوقات والاشياء التي تشاركنا المواضع والاماكن التي نعـــيش فيها، كالحيوانات والنباتات والهواء والماء والصخور.

اما البيئة في المعاجم الانجليزية (Environment) فهـــي تعنـــي مجموعـــة العوامل والظروف والمؤثرات الخارجية التي لها تأثير في حياه الكائنات (بما فيهـــا الإنسان) كما يمكن تعريف البيئة بأنها الوسط او المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي او غيره من المخلوقات وهي تشكل في معناها مجموعة الظروف والعوامل التـــي تساعد الكائن الحي علي بقاؤه وداوم حياته.والبيئة لفظ دارج شائع الأستخدام يرتبط مفهومها بنوع العلاقة بينها وبين المستفيد منها من الكائنات الحية، فرحم الام بيئـــة كما ان البيت بيئة، واليابسة والأنهار والبحار بيئة، والازهار والاشجار بيئة وكل ما يحيط بالكائن الحي ويستمد منه ضرورات حياته بيئة.اما البيئة بمفهومهـــا الواســـع فيمكن تقسيمها الي الاقسام التالية:

◊ البيئة الطبيعية
◊ البيئة الصناعية
◊ البيئة الاجتماعية

◊ البيئة الاقتصادية

◊ البيئة الجمالية

1- البيئة الطبيعية وتتضمن كل من:

أ- الأرض بما في ذلك:

- الشكل الخارجي لسطح الأرض.
- التربة (تركيبها ومكوناتها – خصائصها المختلفة)
- التكوين الجيولوجي بما في ذلك من المياه الجوفية والمحتوي المعدني.

ب- المسطحات المائية (بما في ذلك من بحار ومحيطات وأنهار وبحيرات) وما تحويه من كائنات حية وعوامل غير حية.

ج- الغطاء النباتي (حجمه ونوعيته) والحيوانات البرية داخل منظومته.

د- المناخ (الأمطار والرياح واتجاهاتها وشدتها – معدلات الحرارة- الرطوبة – الضوء وغيرها).

2- البيئة الصناعية وتشتمل على:

أ – استعمالات الاراضي المحيطة:

- نوعية الاستعمال (سكني – صناعي – تجاري – خدمات).
- الكثافة السكانية في المناطق.
- نوع المباني (ارتفاعها – تصميمها) وكثافتها.

ب- البنية التحتية والخدمات العامة:

- امدادات المياه من حيث والنوعية والكمية.
- أدارة النفايات الصلبة والسائلة.
- تصريف مياه الأمطار والمجاري.
- مصادر الطاقة المستخدمة (فحم حجري- كهرباء- طاقة ذرية- نفط خام – غاز طبيعي- رياح – طاقة شمسية).
- الخدمات العامة (النقل – الطرق – اماكن انتظار السيارات- المطارات)

ج- مستوي تلوث الهواء:

- نوع وحجم الملوثات الهوائية.
- الظروف الخاصة بالموقع (المناخ السائد - التضاريس...).
- مصادر تلوث الهواء في المنطقة.

د- علي مستوي تلوث المياه:

- مصادر المياه الجوفية والسطحية في المنطقة ونوعيتها.
- مصادر تلوث المياه الجوفية والسطحية في المنطقة وطبيعة وتركيز الملوثات.
- استعمال ونقل المبيدات والاسمدة وانواعها.
- طرق صرف ومعالجة المياه المستخدمة.
- طرق ومناطق معالجة النفايات الصلبة.

هـ- علي مستوي الضوضاء:

- مصادر الضوضاء في المنطقة (حركة السير-مطارات- سكة حديد- طرق برية).
- كثافة ونوع مصادر الضوضاء في المنطقة.

3- البيئة الاجتماعية وتشتمل علي:

أ- الخدمات الاجتماعية العامة ومنها:

- مواقع المدارس ومعدل استيعابها وانواعها.
- المتنزهات والخدمات التثقيفية والترفيهية.
- الخدمات الصحية - الدفاع المدني - الشرطة.

ب- مناطق العمل والتجارة

ج- الخصائص الاجتماعية للسكان

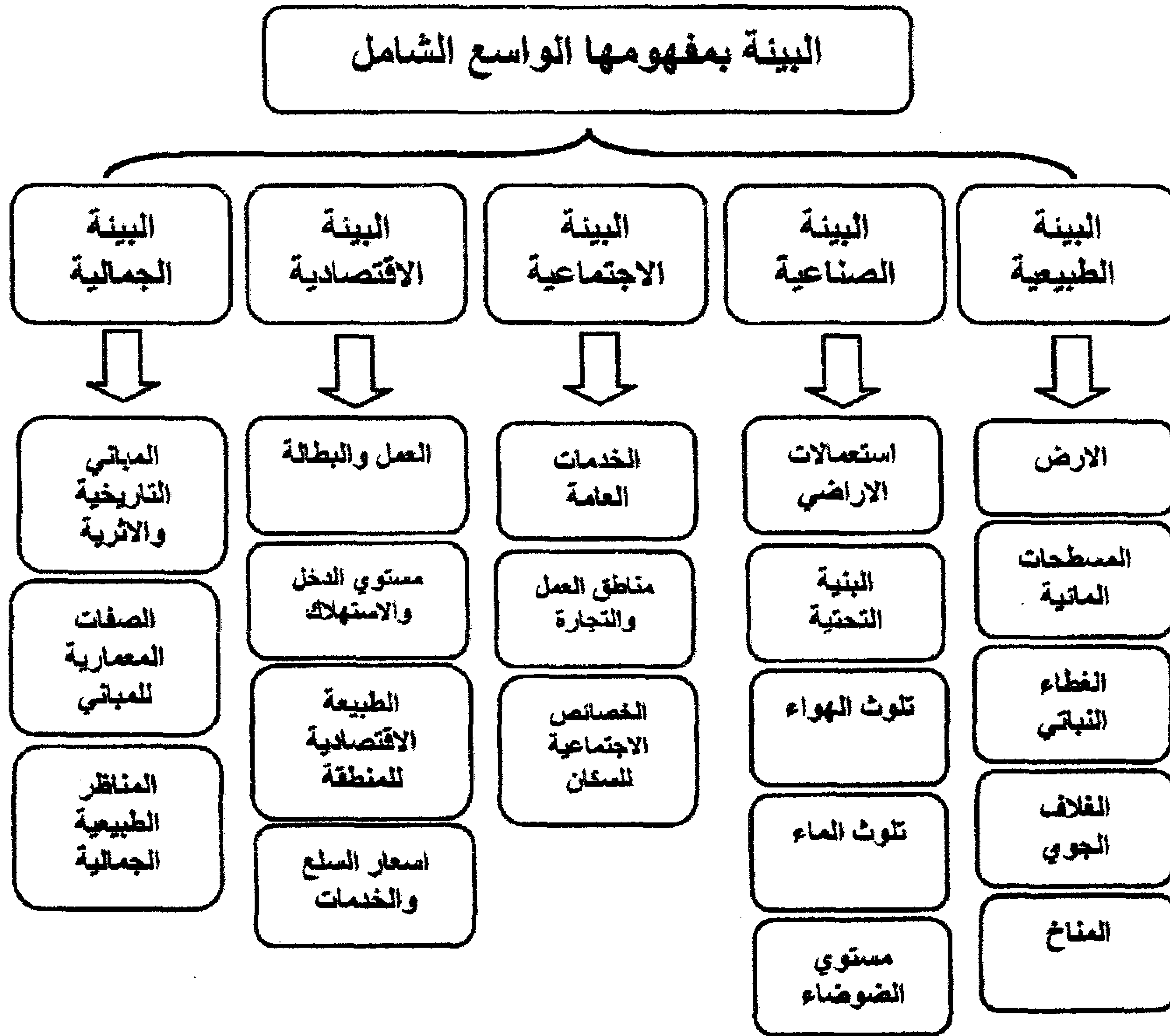
- اماكن تجمعهم ونشاطهم وادارتهم.
- كثافة السكان وتوزعهم.
- ظروف الاسكان.

4- البيئة الاقتصادية وتشتمل علي:

- العمل و البطالة
- مستوي الدخل وطبيعة ونوعية الاستهلاك.
- الطبيعة الاقتصادية للمنطقة.
- اسعار السلع و الخدمات.

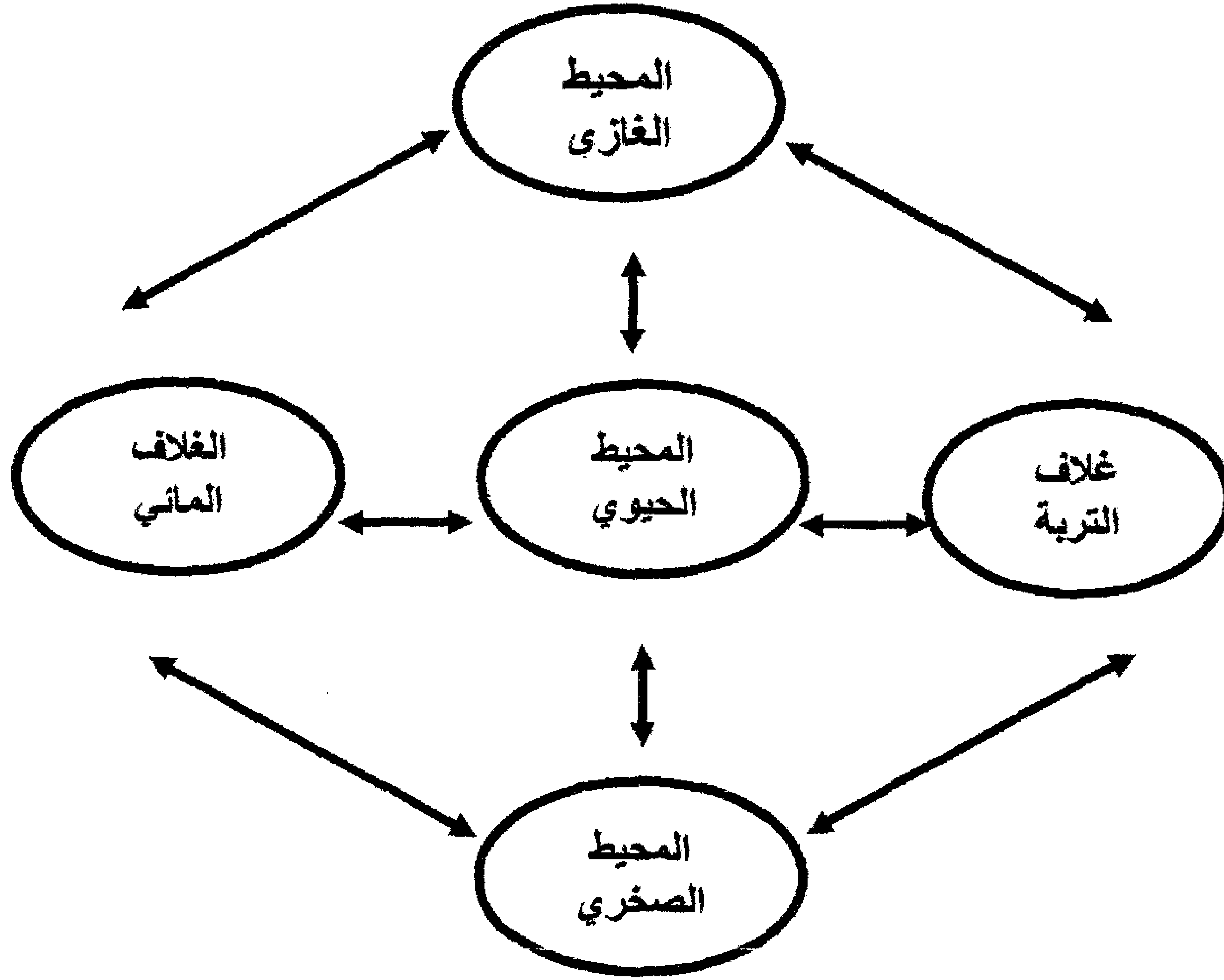
5- البيئة الجمالية وتشمل:

- المباني التاريخية و الاثرية و اماكن التراث الوطني.
- الصفات المعمارية للمباني
- المناظر الطبيعية الجميلة.



شكل 1-1 مخطط للبيئة بمفهومها الواسع

ويشكل المحيط أو الاطار الحيوي الذي تعيش وتتفاعل فيه الكائنات الحية المختلفة نظاما متوازنا يتكون من تداخل او تفاعل اغلفة الكرة الأرضية، وهي الغلاف الغازي والغلاف المائي والغلاف الصخري وغلاف التربة كما يوضح الشكل التالي.



شكل1-2 أغلفة الكرة الارضية

1-4. الأغلفة المحيطة بالأرض

اولا: الغلاف الجوي (الغازي) Atmosphere

وتطلق هذه التسمية على طبقة الغازات المحيطة بالكرة الأرضية ويبلغ سمكها 10,000 كم.

تركيبه: يتكون من غاز النتروجين بنسبة 78% وغاز الأكسجين بنسبة 20% وغازات أخرى مثل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.

- **أصله:**

تكون من الغازات المنبعثة من البراكين وكان في البداية غنيا ببخار الماء واول وثاني أكسيد الكربون وبعد ظهور النباتات وبواسطة عملية التمثيل الضوئي ازدادت نسبة الأكسجين في الجو.

- **أهميته:**

1- يلعب دوراً رئيسياً في العمليات الجيولوجية الخارجية بعناصره الأساسية من حرارة ورطوبة وضغط جوي ورياح.

2- يعمل كدرع واق يحمي الأحياء على سطح الأرض من تأثير الأشعة الضارة والنيازك.

3- يحافظ على درجة حرارة الأرض حيث يمتص ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء الكثير من حرارة الشمس.

4- يعمل علي حفظ حرارة الأرض ليلا ومنعها من التسرب للفضاء الخارجي.

5- يحوي غاز الأكسجين اللازم للحياة وغاز ثاني أكسيد الكربون اللازم للنبات.

6- بدون الغلاف الجوي لن تنتقل الموجات الصوتية ولن تكون السماء زرقاء ومضيئة نهارا.

7- يحفظ بخار الماء من التسرب خارج الغلاف ويرجعه كاملا الى الأرض ولولاه لجفت الأرض، وتتكون فيه السحب والامطار.

ثانياً: الغلاف المائي

وتطلق هذه التسمية على طبقة المياه التي تحيط بالأرض سواء كانت مياه سائلة او ثلاجات او بخار ماء ولو كان سطح الأرض مستويا لغلفه الماء بسمك 3 كم.

• أصله:

كانت الأرض في البداية بلا ماء وكان الماء موجودا على شكل أبخرة انطلقت من البراكين وملأت جو الأرض لملايين السنين بسبب ارتفاع درجة الحرارة وعندما بردت الأرض تكثف بخار الماء وتساقطت المياه على الأرض ويعتقد أن مياه البحار والمحيطات كانت في البداية عذبة ثم ازدادت ملوحتها تدريجيا وذلك من مصدرين:

1- املاح الصخور المذابة بواسطة الأنهار والسيول والمياه الجوفية بالعمليات الجيولوجية المختلفة.

2- الأملاح التي تنطلق من البراكين في قيعان المحيطات.

• توزيعه:

1- مياه البحار والمحيطات: وتكون حوالي 97% من مياه الأرض حيث تغطي ما مساحته 71% من سطح الكرة الأرضية ولهذا السبب سميت بالكرة الزرقاء وهي الكوكب الوحيد الذي يتواجد به ماء سائل، ويتميز نصف الكرة الشمالي بشيوع اليابسة فيه ونصف الكرة الجنوبي بشيوع الماء فيه.

مياه البحار والمحيطات مالحة ومعدل ملوحتها العام 3،5% ويتواجد بها 85 عنصر من العناصر الكيميائية.

وعلى سبيل المثال يحتوي الكيلومتر المكعب الواحد من هذه المياه على 17، كجم من الذهب، 4 كجم من المغنيسيوم وكمية من ملح الطعام تكفي العالم سنتين وكميات هائلة من الكالسيوم والكبريت والبوتاسيوم والألمونيوم واليود والنيكل والكروم وغيرها.

2- مياه الثلاجات: وتكون 2،5% من حجم الغلاف وتتواجد على القطبين وقمم الجبال وهي مياه عذبة و70% من الماء العذب يوجد في القطب الجنوبي.

3- الباقي عبارة عن مياه الأنهار والبحيرات والمستنقعات والمياه الجوفية.

كمية المياه على كوكب الأرض ثابتة تقريبا تحكمها دورة تسمى بدورة الماء حيث يتبخر جزء من المياه المعرضة للجو ويرتفع البخار الى أعلى فتنخفض درجة حرارته ويتكثف مكونا السحب التي تسقط مطرا فتغذي الأنهار والبحار والمحيطات والمياه الجوفية مرة أخرى.

ثالثاً: الغلاف الحيوي Biosphere

وتطلق هذه التسمية على النطاق المسكون بالحياة وهو في الحقيقة يشمل اجزاءا من الأغلفة الأخرى فهناك كائنات تعيش على ارتفاع 6 كم في الغلاف الجوي وكائنات تعيش على عمق 10 كم في الغلاف المائي، وهناك حوالي 30 مليون نوع من الكائنات الحية على الأرض وكوكبنا هو الوحيد بين كواكب المجموعة الشمسية التي يصلح لأن تنشأ عليه حياة لعدة أسباب أهمها:

1- وجود الماء السائل "وجعلنا من الماء كل شيء حي".

2- التركيب الكيميائي الدقيق للهواء الجوي فمثلا لو كانت نسبة الأكسجين أعلى قليلا لأحترق الكوكب.

3- درجة الحرارة المناسبة التي تحققت من وجود الغلاف الجوي والبعد المناسب عن الشمس.

4- الوضع الآمن الذي تحقق لها من وجود قمر كبير يصد عنه النيازك ووجود غلاف مغناطيسي قوي وطبقة الاوزون يحجبان الأشعة الضارة عنه.

5- وجود قمر كبير للأرض يعزى له الفضل في استقرار دوران الأرض.

6- وحجم كوكب الأرض مناسب فعلا للحياة فمثلا لو كان أقل حجما ستكون جاذبيته ضعيفة وفقد غلافه الجوي ولو كان اكبر ستكون جاذبيته عالية وغلافه شديد الكثافة.

● أهميته من الناحية الجيولوجية:

1- له دور بناء في تكوين الأحجار العضوية والشعاب المرجانية والفحم والفوسفات والغاز والبترول.

2- له دور هدام في تكسير الصخور وتفتيت التربة مثلما تفعل جذور الأشجار والحيوانات الحفارة والإنسان.

والقطاع الحي من الغلاف الحيوي يشمل:

- الأحياء المنتجة: وهي النباتات القادرة على امتصاص غذائها من مادة غير عضوية، وبعض أنواع البكتريا. وتسمى الكائنات المنتجة في نفسها Autotrophic؛ لأنها تستخدم الطاقة الشمسية، في التمثيل الضوئي، في إنتاج مركبات عضوية وبروتوبلازما، من ثاني أكسيد الكربون والماء.
- الكائنات المستهلكة الكبيرة: وهي التي لا تصنع غذاءها بنفسها، بل تستهلك كائنات عضوية أخرى، من أشجار وحيوانات. وهي تقسم إلى قسمَين:
- كائنات تميل إلى قتل فريستها والتهامها.
- كائنات صغيرة، تعيش في داخل كائنات أكبر منها او حولها.
- الكائنات المستهلكة الدقيقة: كالبكتريا التي تحلل بقايا الحيوانات والنباتات الميتة.

والنظام الأيكولوجي، من وجهة النظر الجغرافية، جزء من التركيب الطبيعي للطبقة الحية؛ فالغابة، مثلاً، ليست مجموعة من الأحياء فقط، بل على أرضها عدد من العناصر الطبيعية الأخرى. والأنظمة الأيكولوجية، أنظمة إنتاج للموارد الطبيعية؛ فالغذاء والوقود... وغيرها، منتجات للأنظمة الأيكولوجية؛ فهي مكونات عضوية، خزنتها الأحياء، في خلال استهلاكها للطاقة، المستمدة، أصلاً، من الشمس. ومن المهم صرف جزء من العناية لأثر المناخ على الأنظمة الأيكولوجية لما لذلك من أهمية في شرح الأنماط الأرضية المتعددة للنظم الأيكولوجية في العالم. إن مدخلات النظُم الأيكولوجية، من المادة والطاقة، تستهلك في البناء البيولوجي، وإعادة إنتاج الطاقة، والمحافظة على المستويات الضرورية من الطاقة الداخلية. وهما، في الوقت عينه، من مخرجات تلك النظم نفسها. ولهذه النظُم آلية تحقق توازناً بين مختلف العمليات والأنشطة الداخلية؛ وهو، في معظم الأحوال، شديد التأثر بالمتغيرات الخارجية.

- العناصر الكيميائية من مغذيات نباتية وملوثات.
- المواد غير العضوية مثل النتروجين والكبريت والفسفور وغيرها.
- المواد العضوية مثل البروتينات والدهون والكربوهيدرات.

وتمتاز المكونات الحية للنظام بوجود مظاهر الحياة مثل الحصول علي الغذاء والنمو والتكاثر والتنفس. وتشمل هذه المكونات جميع الكائنات الحية من انسان وحيوان ونبات وكائنات حية دقيقة ويمكن تصنيف الكائنات الحية حسب طريقة تغذيتها الي:

1- كائنات حية منتجة Producers

وهي كائنات حية ذاتية التغذية Autotrophic organisms وهي الكائنات الخضراء التي تتنوع من الطحالب الخضراء بكل انواعها الي الاشجار الضخمة المختلفة، ولهذه النباتات سواء البرية او المائية القدرة علي انتاج غذائها بنفسها،حيث تقوم بعملية التمثيل الضوئي تحول ثاني أكسيد الكربون من الهواء والماء من التربة إلى مركبات عضوية التي تحتاجها النباتات نفسها او كائنات حية أخرى في النظام البيئي وعلى هذا فإن النبات كائن منتج.

والمركبات التي تنتجها النباتات هي مركبات عضوية تحتاجها وتبني منها اجسامها (مثل المواد الكربوهيدراتية والدهون والبروتينات وغيرها)، وتعطي هذه الخاصية لهذه النباتات نوعا من الاستقلال عن كل ما حولها من كائنات، ولكنها مع ذلك لا تستطيع ان تستغني عن اعتمادها عن العناصر الطبيعية غير الحية مثل الاملاح المعدنية الضرورية والمغذيات الصغري والكبري.

2- كائنات حية مستهلكة Consumers

وهي كائنات حية غير ذاتية التغذية Heterotrophic organisms وتتكون من الحيوانات بانواعها المختلفة، فلا تستطيع هذه الحيوانات ان تصنع غذائها بنفسها بل تعتمد علي غيرها في ذلك، والكائنات المستهلكة درجات منها الاولي والثانوي

والثالثي، فالمستهلك الذي يعتمد على المنتج (النبات) الحيوانات أكلة الأعشاب Herbivores (مثل البقر والماعز) هي مستهلك اولي لهذه النباتات لأنها تتغذى عليها بصفة رئيسية، الحيوانات أكلة اللحوم Carnivores (مثل الإنسان والحيوانات الأخرى أكلة اللحوم) هي مستهلك ثانوي لأنها تأكل الحيوانات أكلة الأعشاب، وفي كل الحالات تقوم هذه الحيوانات باستهلاك ما تنتجه الكائنات المنتجة.

3- كائنات حية محللة (المحللات) Decomposers

وتشمل كل ما يتسبب في تحلل مكونات البيئة الطبيعية المحيطة بها، وتشمل كائنات التحلل البكتريا والفطريات والحشرات وهي تحلل المنتجات الميتة (اجسام النباتات والحيوانات الميتة) إلى عناصرها الكيميائية وإعادتها للنظام البيئي ليتم إعادة استخدامها ثانية بواسطة عناصر الانتاج.

وتصنف المحللات حسب متطلباتها من الأكسجين إلى ثلاثة أنواع:

- الكائنات المحللة الهوائية Aerobes

وتحتاج هذه الكائنات المحللة إلى الأكسجين لاستمرار حياتها ونشاطها.

- الكائنات المحللة اللا هوائية Anaerobes

وتحتاج لاستمرار حياتها ونشاطها، وسطا لا يتوفر فيه الأكسجين (مثل بكتريا الميثان).

- الكائنات المحللة الاختيارية Facultative Anaerobes

وهي كائنات تستطيع أن تكيف نفسها حسب الوسط الذي تعيش فيه، فإذا توفر الأكسجين كانت هوائية، وإذا انعدم أصبحت لا هوائية، مثل بكتريا التربة Aerobacter.

1-5-1. اتزان النظام البيئي

من الضروري لاستمرار الحياة ان يكون هناك اتزان للانظمة البيئة الموجودة في الغلاف الحيوي بمعني ان يكون هناك اتزان في الدورات الغذائية الأساسية

والمسالك المتداخلة للطاقة داخل هذه الأنظمة البيئيـــة او داخـــل اي نظـــام بيئـــي محدودبحيث يكون هناك اتزان بين الانتاج والاستهلاك والتحلل.ولكـــي يـــتم هـــذا الاتزان لابد من ان يكون هناك تعادل بين مستوي المدخلات الاتيـــة مـــن الوســـط المحيط كالطاقة الشمسية وثاني أكسيد الكربون والأكســـجين والمـــاء والعناصـــر الغذائية، والمخرجات من الوسط المحيط مثل ثاني أكســـيد الكربـــون والأكســـجين والماء والعناصر الغذائية والطاقة الحرارية المفقودة من عمليات التنفس.

وهناك علاقة وثيقة بين العناصر الطبيعية والحياتية الموجودة حول وداخـــل سطح الكرة الأرضية ومكوناتها المختلفة. تبرز من خلال عمليات وعلاقات وظيفية معقدة ترتبط جميعها بما يسمي بالنظام البيئي. فالنظام البيئي يعرف علي أنه التفاعل المنظم والمستمر بين عناصر البيئة الحية وغير الحية، وما يولد هذا التفاعل مـــن توازن واتزان.اما التوازن البيئي فيعرف علي أنه قدرة البيئة الطبيعية علي اعالـــة وحفظ استمرارية الحياة دون مشكلات او مخاطر تمس الكائنات الحيـــة وخاصـــة الإنسان الكائن الفريد علي سطح كوكب الأرض.

ولعل التوازن البيئي علي سطح الأرض ما هو الا جزء من التوازن الـــدقيق في نظام الكون، وهذا يعني ان عناصر ومكونات البيئة تحافظ علي وجودها ونسبها المحددة كما اوجدها الله عزوجل.ولكن الإنسان بلغ تأثيره علـــي بيئتـــه مراحـــل تنذربالخطر وهذا الخطر قد يهدد وجوده نفسه، اذ تجاوز في بعض الاحوال قـــدرة النظم البيئية علي احتمال هذه التغيرات، واحداث اختلالات بيئية تهدد حياه الإنسان وبقائه علي سطح الأرض.

لفهم النظام البيئي يركز العلماء في ابحاثهم على تدفق الطاقة ودوران المواد خلال الأنظمة البيئية، ويُدْعى علماء البيئة الذين يحاولون أن يربطوا بين العوامـــل (العناصر) الحية والعناصر غير الحية ويحللوا الأنشطة الكثيرة الفيزيائية والكيميائية المختلفة في بيئة ما علماء الأنظمة البيئية.

وفي بعض الأحيان يستخدمون حواسيب دقيقة لتساعدهم على فهم نتائج الأبحاث التي حصلوا عليها.

1-5-2. تدفق الطاقة داخل الانظمة البيئية

يرتب علماء البيئة العناصر التي تكون او تؤثر في النظام البيئي في ستة أجزاء رئيسية، تعتمد على تدفق الطاقة، والمواد المغذية خلال النظام:

◊ الشمس.
◊ المواد غير الأحيائية.
◊ الكائنات المنتجة الاولية.
◊ الكائنات المستهلكة الاولية.
◊ الكائنات المستهلكة الثانوية.
◊ المحللات او المفككات.

وفي هذه السطور يمكن أن يوجد شكل مبسط للنظام البيئي.

تمد الشمس الكائنات المنتجة الاولية بالطاقة التي تحتاج إليها لصنع الطعام. وتتكون الكائنات الاولية بصفة رئيسية من النباتات الخضراء مثل العشب والأشجار التي تصنع الغذاء من خلال عملية التركيب الضوئي.

وتحتاج النباتات أيضًا مواد لاحيوية مثل الفوسفور والماء لتنمو. وتتضمن الكائنات المستهلكة الاولية الجرذان والأرانب والجنادب والحيوانات الأخرى آكلة العشب.

وتأكل الثعالب وحيوانات ابن عُرس والكائنات المستهلكة الثانوية الأخرى – او الكائنات المفترسة – الحيوانات. وتكسّر المحللات مثل البكتيريا والفطريات النباتات والحيوانات الميتة إلى مواد مغذية بسيطة. وترجع المواد المغذية ثانية إلى التربة، وتستخدمها النباتات مرة أخرى.

ويطلق على سلسلة المراحل التي تمر بها الطاقة على هيئة طعام، السلسلة الغذائية. ومن المفروض أن تكون السلسلة الغذائية البسيطة واحدة حيث يكون فيها العشب هو المنتج الاولي، ثم يأكل العشب الكائن المسمى المستهلك الاولي مثل الأرنب. ثم يأكل المستهلك الثانوي مثل الثعلب او الصقر بدوره الأرنب، وتكسّر البكتيريا المحللة البقايا الميتة التي لم تؤكل من الأعشاب والأرانب والثعالب والصقور، وأيضًا فضلات الأجسام التي تنتجها الحيوانات في السلسلة الغذائية.

تملك معظم الأنظمة البيئية مجموعة متنوعة من الكائنات المنتجة والمستهلكة والمحللة التي تكوّن شبكة من السلاسل الغذائية المتداخلة فيما بينها تسمى الشبكة الغذائية. وتبدو الشبكات الغذائية معقدة بصفة خاصة في الأنظمة البيئية للمناطق الحارة والمحيطات.

تعتمد بعض الكائنات الحية على أشياء كثيرة في غذائها، إلا أن بعضها الآخر مثل الكائنات الاولية المستهلكة، تعتمد على نوع نباتي واحد في غذائها، وعند اختفاء هذا النوع النباتي فإن الكائن الاولي يختفي أيضًا.

تتحرك الطاقة خلال النظام البيئي عبر سلسلة من التحولات. اولا: تحول الكائنات المنتجة الاولية طاقة ضوء الشمس إلى طاقة كيميائية تخزن في بروتوبلازم النبات (مادة الخلية الحية)، ومن ثم تنتقل الطاقة المخزونة في النباتات إلى الكائنات الأخرى على هيئة طعام، وتحولها الكائنات المستهلكة الاولية إلى أنواع مختلفة من الطاقة الكيميائية، وتخزنها في خلايا أجسامها. وتتحول هذه الطاقة من جديد حينما تأكل الكائنات المستهلكة الثانوية، الكائنات المستهلكة الاولية.

ولمعظم الكائنات فاعلية بيئية منخفضة. ويعني هذا أنها قادرة على تحويل جزء صغير فقط من الطاقة المتوافرة إلى طاقة كيميائية مخزونة. وعلى سبيل المثال، يمكن للنباتات الخضراء أن تحول فقط 0.1 – 1% من طاقة الشمس التي تصل إليها في برتوبلازم النبات. وتحترق معظم الطاقة الباقية أثناء نمو النبات،

وتتسرب في البيئة على هيئة حرارة. وبالمثل تحول آكلات الأعشاب، وآكلات اللحوم في خلايا أجسامها الخاصة بين 10 - 20% فقط من الطاقة التي ينتجها طعامها.

ولأن مثل هذه الكمية الكبيرة من الطاقة تتسرب في كل مستوى من السلسلة الغذائية، فإن جميع الأنظمة البيئية تكوّن أهرامًا للطاقة .وتكون النباتات (الكائنات المنتجة الاولية) قاعدة هذا الهرم. وتكون آكلة الأعشاب (الكائنات المستهلكة الاولية) الدرجة التالية. وتكون آكلة اللحوم (الكائنات المستهلكة الثانوية) القمة، ويعكس الهرم، حقيقة أن الطاقة تمر خلال نباتات الأنظمة البيئية بكميات أكبر مما تمر خلال الحيوانات آكلة الأعشاب. وتتدفق الطاقة حتى درجة أقل من ذلك خلال الحيوانات آكلة اللحوم. وفي كثير من أنظمة الأرض البيئية، ينتج عن هرم الطاقة هرم البيوماس (الكتل الأحيائية)، ويعني هذا ببساطة أن الكتل الأحيائية المجتمعة الوزن للنبات أكبر من الوزن المجتمع للحيوانات آكلة الأعشاب، الذي بدوره يفوق الوزن الكلي للحيوانات آكلة اللحوم.

جمع علماء البيئة المعلومات عن هرم الكتل الأحيائية في إيزل رويال، وهي جزيرة في بحيرة سوبيريور بالولايات المتحدة الأمريكية. ودرسوا في هذا الهرم العلاقة بين النباتات والموظ والذئاب. ووجد علماء البيئة في إحدى الدراسات أنه يلزم تدبير 346 كجم من الغذاء النباتي لإمداد 27 كجم من حيوان الموظ. وهي الكمية اللازمة لتدعيم 45،0 كجم من ذئب واحد.

1-5-3. دورة المواد داخل الانظمة البيئية

تتكون كل الأشياء الحية من بعض العناصر والمركبات الكيميائية. والمواد الرئيسية بينها: الماء، والكربون، والهيدروجين، والنيتروجين، والأكسجين، والفوسفور، والكبريت. وتدور كل هذه المواد خلال الأنظمة البيئية مرات ومرات.

وتعطي دورة الفوسفور مثالاً لهذه العملية، فكل النباتات تحتاج الفوسفور، وتأخذ النباتات مركبات الفوسفور من التربة. أما الحيوانات فتحصل عليها من النباتات والحيوانات الأخرى التي تأكلها، وتعيد المحلِّلات الفوسفور إلى التربة.

وفي الطبيعة تبقى كمية الفوسفور ثابتة تقريبًا في الأنظمة البيئية المتزنة، ولكن عندما يضطرب النظام البيئي بسبب الأنشطة البشرية، فإن كمية من الفوسفور تتسرب مؤدية بذلك إلى خفض قدرة النظام البيئي على دعم النباتات. ومن الطرق التي يغيِّر بها الناس دورة الفوسفور تحويل الغابات إلى أراضٍ زراعية. وبدون حماية الغابات، فإن الفوسفور ينزح من التربة ويتحول إلى الأنهار والبحيرات. وهناك يسبب غالبًا زيادة غير مرغوبة في نمو الطحالب. وفي النهاية يحبس الفوسفور في ترسبات عند قاع البحيرات او البحار. وبسبب هذه الخسارة يتحتم على المزارعين استخدام مخصبات باهظة التكلفة لإعادة العنصر ثانية إلى التربة.وسوف نتحدث بالتفصيل عن دورة كل عنصر من العناصر الطبيعية في البيئة.

وتعرف دورات المواد خلال الأنظمة البيئية بالدورات البيوجيوكيميائية للمواد وهي المسارات الكاملة التي تأخذها المواد الكيميائية خلال مستودعات الارض الاربعة الكبري التالية:

- الغلاف الجوي
- الغلاف المائي (المحيطات، البحار، البحيرات، المياه الجوفية، والثلاجات)
- الغلاف الصخري (الصخور والتربة)
- الغلاف الحيوي (النباتات والحيوانات)

1-5-3-1. الدورة المائية Water Cycle

يعد الماء من اهم المصادر الطبيعية الموجودة علي سطح الأرض وفي داخلها وداخل الغلاف الجوي، فالماء اساسي لحياة جميع انواع الكائنات الحية من

وحسب الموازنة المائية فأنه لا يوجد اي فقدان للمياه في الميزان المائي ويعبر عن ذلك المعادلتين التاليتين:

1. معادلة البحار والمحيطات

المعدل السنوي للمياه المتبخرة = المعدل السنوي للمياه الساقطة في البحار والمحيطات+ المعدل السنوي لصبيب الأنهار في البحار والمحيطات.

اي ان

معدل التبخر = معدل السقوط + معدل الصبيب

2. معادلة اليابسة

الكمية الوسطي المتبخرة = الكمية الوسطي للتساقط علي اليابسة + الكمية الوسطي لصبيب الأنهار في البحار والمحيطات

اي ان:

الكمية المتبخرة = الكمية المتساقطة + كمية الصبيب

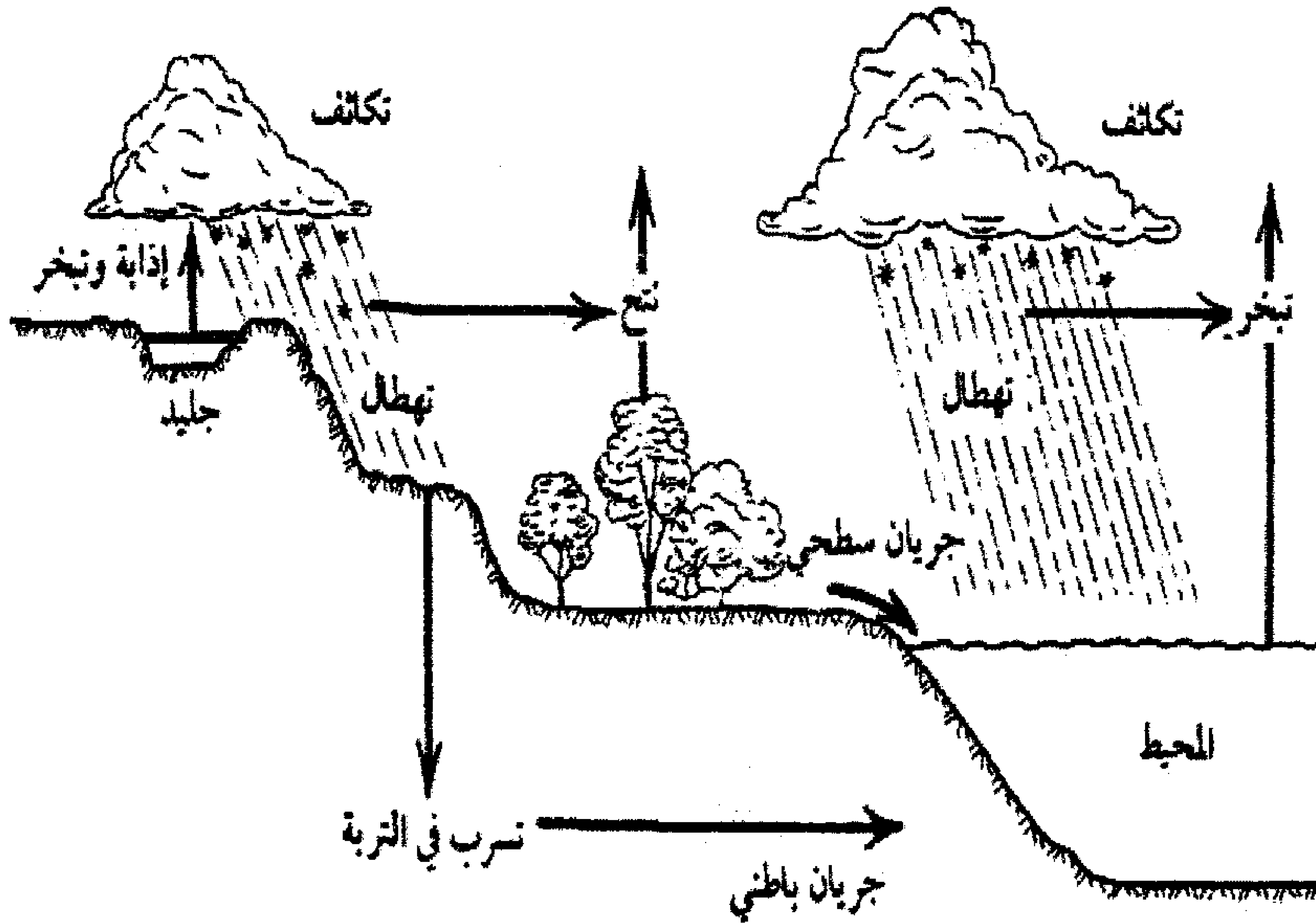
وبسبب دورة الماء هذه فإن كمية الماء الموجودة على الأرض حاليًا هي نفسها التي كانت على الأرض سابقًا وهي التي ستبقى على الدوام بإذن الله. فقط يتغير الماء من حالة إلى حالة أخرى، ويتحرك من مكان إلى آخر. والماء الذي استعملته في الاستحمام الليلة الماضية يمكن أن يكون قد جرى في نهر النيل في الشهر الماضي، او ربما شربه الإسكندر الأكبر قبل مايزيد على ألفي عام.

وعموما ان تفاعل كل من العناصر التالية يشكل سلسلة من الحوادث تسمي الدورة الطبيعية للماء:

أ- حركة الماء علي وضمن القشرة الأرضية.

ب- أستعمال الماء خلال حياه النبات.

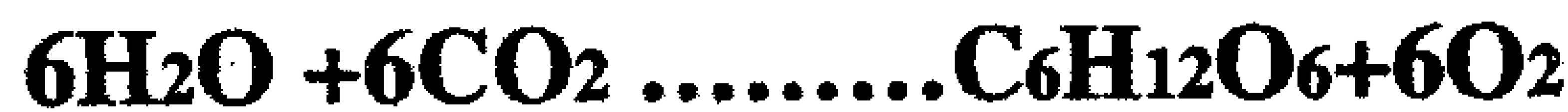
ويوضح الشكل التالي دورة المياه في الطبيعة



شكل 1-3 مخطط مبسط لدورة الماء في الطبيعة

1-5-3-2. دورة الكربون Carbon Cycle

يعد الغلاف الغازي والغلاف المائي المستودع الرئيسي للكربون غير العضوي. ويجد الكربون في الطبيعة في صورة صلبة في الطبقات الصخرية وفي المركبات العضوية، وفي حالة سائلة في خلايا الكائنات الحية وفي المياه، كما الكربون في حالة غازية في الغلاف الغازي وهواء التربة وبين هذه الحالات يتم التبادل والتفاعل في دورة الكربون.وتبدأ دورة الكربون بان تقوم النباتات الخضراء والطحالب الخضراء بامتصاص ثاني أكسيد الكربون من الهواء المحيط والماء من التربة بواسطة الجذور وتستخدم الطاقة الشمسية للقيام بعملية التمثيل الضوئي وانتاج المركبات العضوية من خلال المعادلة الاتية:



$$6H_2O + 6CO_2 \ldots\ldots\ldots C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

وتتوقف اثناء الليل عملية التمثيل الضوئي.واثناء عملية التنفس التي تتم ليلا ونهارا ينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعود للغلاف الغازي وفي المناطق التي ترتفع فيها كثافة النباتات كالغابات تزداد كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المتصاعدة في الليل الي 25 % عن المعدل الطبيعي وبخاصة الجزء القريب من التربة.ومع طلوع الشمس تعود نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون الي معدلها الطبيعي.

وعندما تتغذي المستهلكات علي المواد العضوية تتحول تلك المواد الي كتلة حيوية وينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون الي الغلاف الغازي. وينتج عن الكائنات المستهلكة والمنتجة افرازات وفضلات، وبعد موت هذه الكائنات الحية تتعرض مع فضلاتها الي التحلل ويعود غاز ثاني أكسيد الكربون الي الغلاف الغازي مرة اخري.

ويترتب عن عملية تجوية الصخور الكلسية العضوية والدولموليت والتي اسهم في تكوينها المواد العضوية عودة جزء من الكربون المثبت الي الغلاف الغازي وكذلك البراكين تسهم في اعادة جزء من الكربون الي الغلاف الغازي، حيث تأخذ النباتات والطحالب الخضراء من جديد ثاني أكسيد الكربون وتعيد الدورة من جديد. وتجدر الاشارة الي ان كل جزء من دورة الكربون له اهمية خاصة، فاذا قضي مثلا علي النباتات الخضراء والطحالب لا يمكن للكربون ان يخرج من المستودع الجوي، حيث ان الكائنات المستهلكة لا يمكنها الأستفادة من ثاني أكسيد الكربون الجوي وتحويله الي مواد عضوية. ولو قضي علي الكائنات المحللة فان المادة العضوية المتخلفة عن افرازات الكائنات الحية وعن بقايا اجسامها سوف تتراكم بسرعة ولا يعود الكربون للغلاف الغازي وبذلك تختل الدورة.

وعند زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الغازي (نسبة CO_2 حاليا في الهواء 0.03 % اي 300 جزء في المليون تزداد سنويا الي 0.2 %) تقل نسبة معدلات الأشعة تحت الحمراء المعكوسة الي الأرض الي الفضاء الخارجي وبالتالي تتجمع في الغلاف الغازي. وهذا يعود الي خصائص غاز ثاني أكسيد الكربون في

امتصاص الأشعة تحت الحمراء الامر الذي يؤدي الي رفع درجة حرارة الأرض وتغير المناخ العالمي وتسمي هذه الظاهرة بظاهرة البيت الزجاجي Green House Effect، ففي البيت الزجاجي يسمح الزجاج بدخول الضوء المنظور (400-750nm) ولكنه يحجز الأشعة تحت الحمراء المنعكسة من السطح ومن النباتات داخل البيت الزجاجي مسببا بذلك الارتفاع في درجة الحرارة.

ولو ارتفع معدل درجة الحرارة علي المستوي العالمي من 2 – 4 مئوية فان ذلك يؤدي الي ذوبان كميات كبيرة من جليد القطبين الشمالي والجنوبي مما يسبب ارتفاع منسوب المياه في البحار والمحيطات واغراق كثير من المدن الساحلية مثل نيويورك وكوبنهاجن، وكذلك القضاء علي نسبة كبيرة من المياه الجوفية والعذبة.

ويتضح مما سبق ان يجب المحافظة علي النظم البيئية بالتوفير في استهلاك الوقود الحفري وايجاد مصادر بديلة للطاقة مثل الطاقة الشمسية والرياح.

ويبين الجدول التالي تواجد الكربون علي الكرة الارضية وكميته ببلايين الاطنان.

جدول 1-2

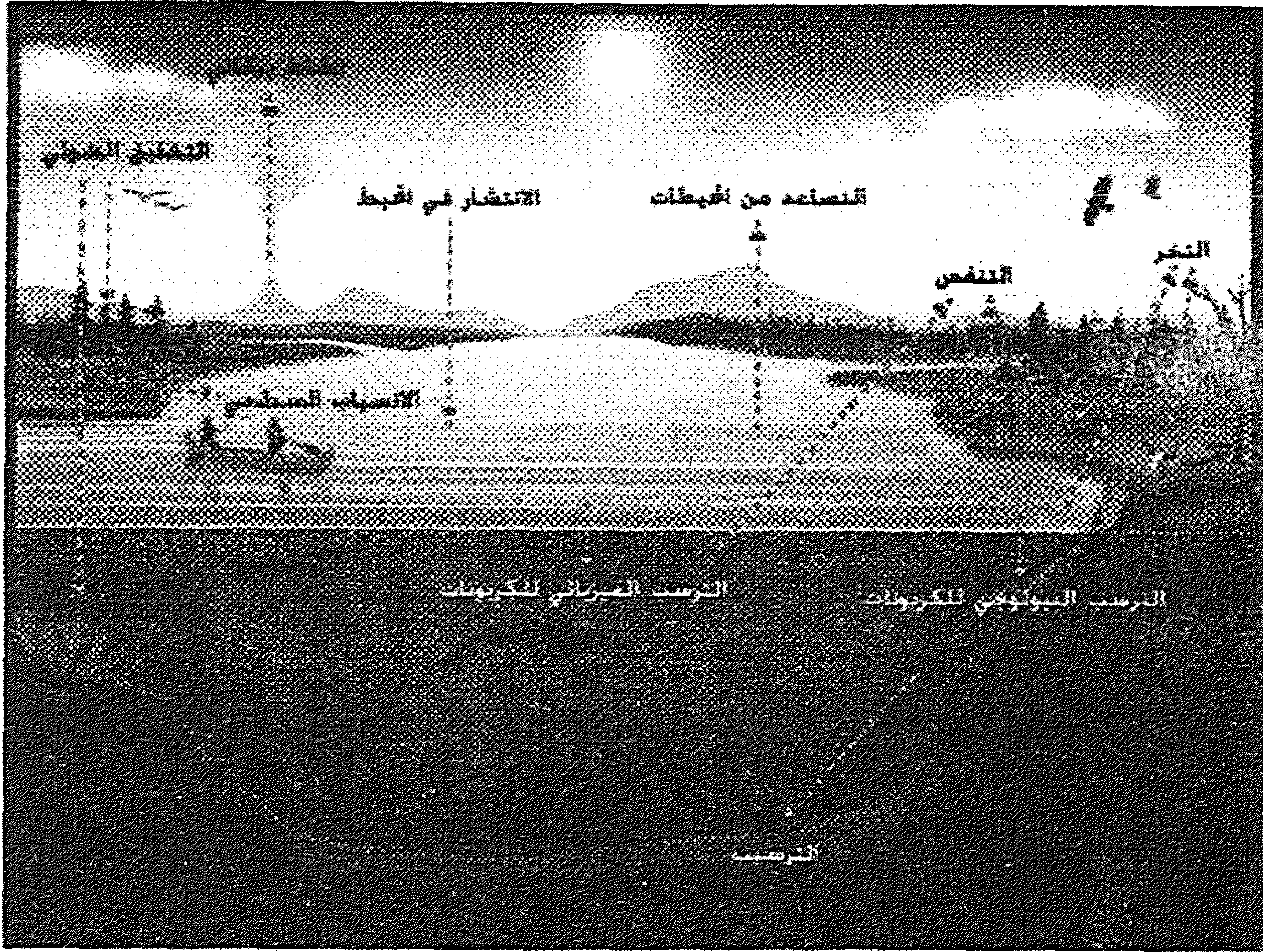
مكان التواجد	الكمية بلايين الاطنان
الثقالة تحت المائية والصخور الرسوبية	80.000.000
مياه المحيط، والأصداف، والكائنات الحية	40.000
لوقود الأحفوري (النفط، والغاز، والفحم الحجري)	4.000
المواد العضوية في التربة	1.500
الغلاف الجوي	825
النباتات البرية	580
* يتواجد معظم الكربون على كوكب الأرض في صورة مركبات في الثقالات والصخور الرسوبية. ويتواجد بنسبة أقل نسبيًا في الغلاف الجوي . Source:_www.seed.slb.com	

وعموما تُعتبر ذرات الكربون في حالة تبادل مستمر فيما بين الكائنات الحية والميتة، والغلاف الجوي، والمحيطات، والصخور، والتربة. ومع كل نَفَس خـــارج، نطلق ثاني أكسيد الكربون من رئتينا إلى الغلاف الجوي، والذي يحتوي على ذرات الكربون الموجودة في النباتات والحيوانات التي نتغذى عليها. وربما كانـــت ذرات الكربون الموجودة في أجسامنا اليوم كانت تنتمي فيما مضى إلى العديد من النباتات والحيوانات المختلفة – لعل من بينها الديناصـــورات وغيرهـــا مـــن المخلوقـــات المنقرضة.

لقد تغير توزيع الكربون فيما بين الغلاف الجوي، والكائنات الحية، واليابسة، والمحيطات، على مر الزمن. فمنذ 550 مليون سنة تقريبًا كان تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي 7000 جزء في المليون – وهو ما يمثل أكثر مـــن 18 ضعفًا لما هو عليه اليوم. ولكن، أين ذهب كل هذا الكربون الذي كان موجودًا فـــي الغلاف الجوي؟ لقد تحول في معظمه إلى صخور رسوبية مثل الحجـــر الجيـــري. وتعتبر كيفية حدوث ذلك جزءًا من القصة الأكبر لدورة الكربون.

حيث تُعد دورة الكربون مزيجًا من عمليات بيولوجية، وكيميائية، وفيزيائية، تعمل على نقل الكربون من مكان إلى مكان

توضح الصورة بعضًا من العمليات التي ينتقل بها الكربون فيما بين الكائنات الحية والميتة، والغلاف الجوي، والمحيطات، والصخور، والتربة .ولكنها لا تشـــمل التدخلات البشرية.ويبين الشكل التالي دورة الكربون.



شكل 1-4 يبين عمليات انتقال الكربون خلال الأنظمة البيئية

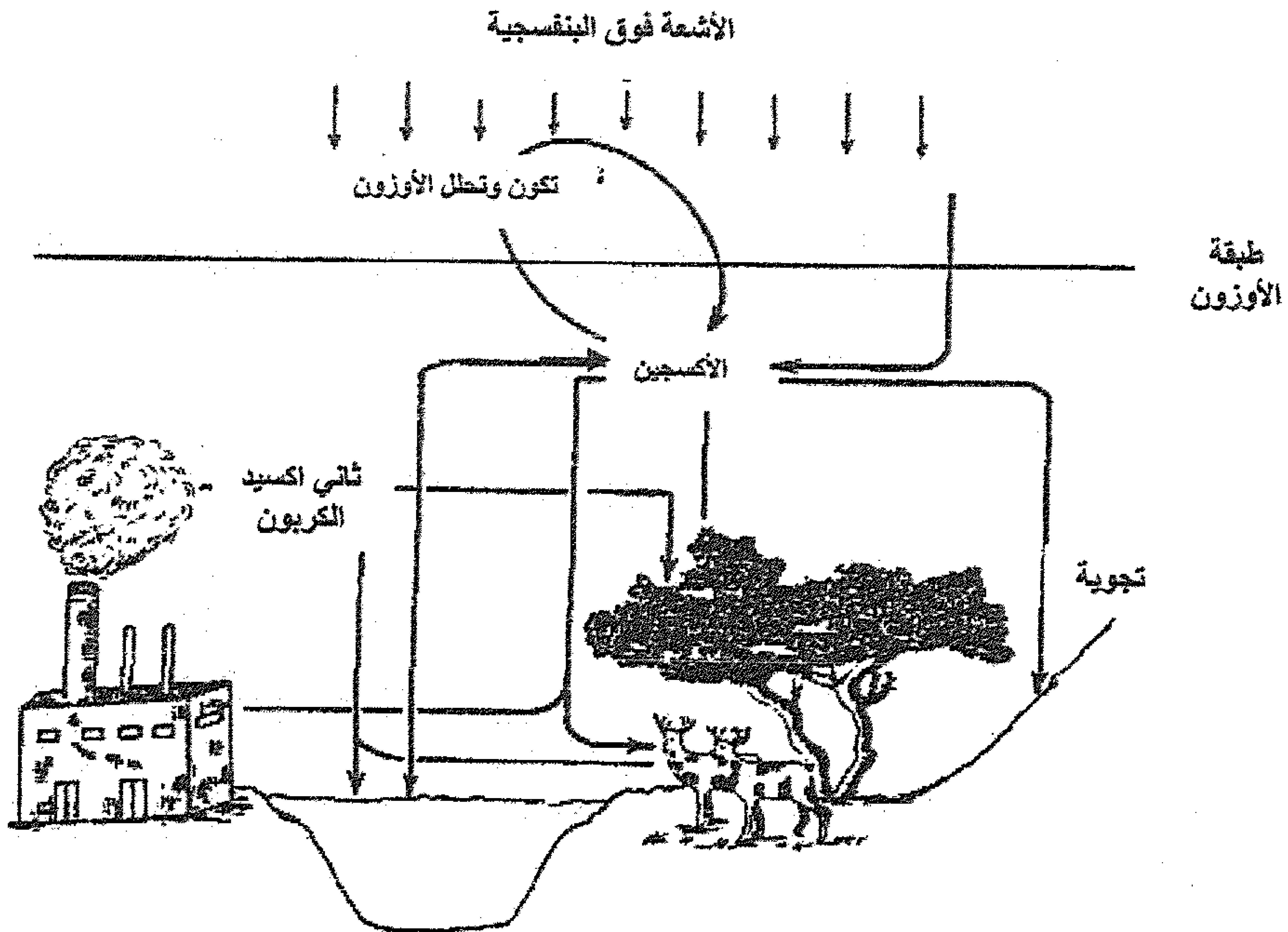
1-5-3-3 دورة الأكسجين Oxygen Cycle

يشكل الأكسجين حوالي 21 % من حجم الهواء، وهي نسبة تكفي حاجة الكائنات الحية الهوائية علي اليابسة، كما ان قسما من الأكسجين يكون مذابا في المياه لضمان حياة الكائنات الحية المائية ومن ثم فان توافر الكمية المناسبة من الاكسجين الذائب في المياه يعد عاملا هاما من عوامل اتزان البيئة المائية. وترتبط دورة الأكسجين بدورة الكربون اذ تقوم الكائنات الحية الهوائية بتنفس الأكسجين واطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون الذي تستعمله النباتات الخضراء في عملية التمثيل الضوئي وبذلك تغلق الدورة.ويلعب الأكسجين دورا هاما في البيئة، فهو عنصر عام في حياة الكائنات الحية الهوائية وله اهمية كبيرة في بناء حزام الاوزون في طبقة الستراتوسفير Stratosphere الذي يحمي الكائنات الحية التي تعيش فوق سطح الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية الضارة Ultraviolet Radiation التي

تسبب للانسان الضرر عن طريق تغيير المعلومات الوراثية المثبتة فوق الحمض النووي (المادة الوراثية) DNA.

ومن اهم اخطار الأشعة فوق البنفسجية ما يلي:

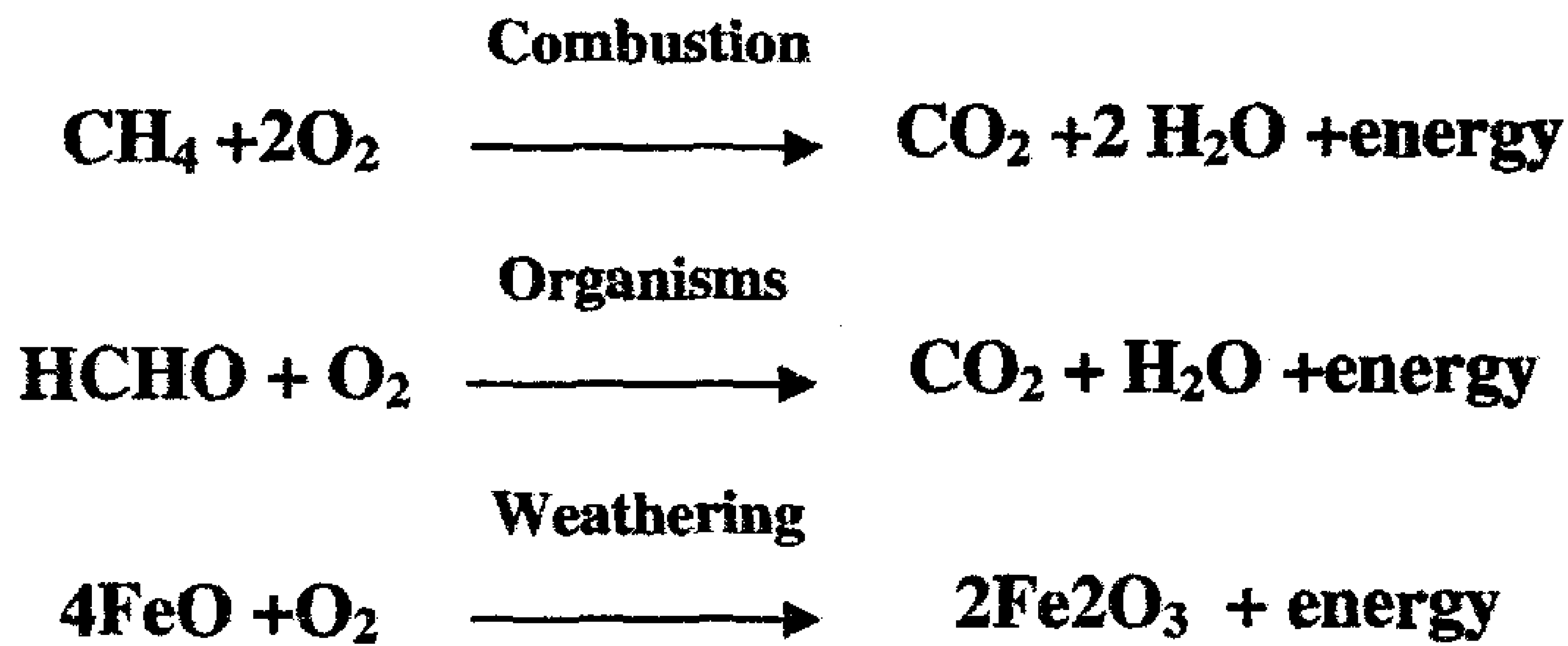
1. التأثيرات الضارة السالبة علي الكائنات الحية المنتجة.
2. احداث تغيرات في المناخ.
3. الاصابة بسرطان الجلد وخاصة لاصحاب البشرة البيضاء.
4. الحد من التنقية الذاتية للمياه بقتلها البكتريا والكائنات الحية الدقيقة التي تنقي المياه بتحليلها للملوثات القابلة للتحلل بيولوجيا (تنقية المياه عن طريق تحليل المواد العضوية الملوثة للمياه بواسطة الكائنات الحية الدقيقة).



شكل 1-5 مخطط مبسط لدورة الأكسجين

تعتمد دورة الاكسجين علي تبادل الاكسجين بين الاجـزاء البيئيـة اي بـين الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الصخري، حيث يعد الاكسجين المكـون الرئيسي لطبقة التربوسفير والتي تلعـب دورا حيويـا لكميـاء الغـلاف الجـوي والتحولات الجيوكيميائية وجميع العمليات الحيوية.

اكسجين الغلاف الجوي يستهلك في انتاج الطاقة مثل حرق الغـاز الطبيعـي (الميثان)، تحلل المـواد العضـوية واكسـدة العمليـات الجويـة weathering processes كما توضح التفاعلات الاتية:



$$CH_4 + 2O_2 \xrightarrow{\text{Combustion}} CO_2 + 2\,H_2O + \text{energy}$$

$$HCHO + O_2 \xrightarrow{\text{Organisms}} CO_2 + H_2O + \text{energy}$$

$$4FeO + O_2 \xrightarrow{\text{Weathering}} 2Fe2O_3 + \text{energy}$$

4-3-3-1 دورة النتروجين Nitrogen Cycle

يشكل النتروجين حوالي 87 % من حجم الهواء، وهو غاز خامل قليل النفع لمعظم الكائنات الحية. والأستفادة من غاز النتروجين المتوفر في الغازي بكميـات كبيرة لابد من تحويل هذا الغاز الخامل الي مركبات نيتروجينية يسـهل للكائنـات الحية الأستفادة منها.

وتسمي عملية التحويل هذه بعملية تثبيت النتـروجين، ويـتم تثبيـت غـاز النتروجين الخامل بطريقتين وهما:

1- التثبيت البيولوجي (الحيوي)

2- التثبيت الجوي

1- التثبيت البيولوجي Biological Fixation

تعيش في التربة والمياه بعض انواع البكتريا والطحالب والتي تدعي مثبتات النتروجين Nitrogen Fixers لقدرتها علي تحويل النتروجين الجوي الخامل الي مركبات تستطيع النباتات الخضراء الأستفادة منها مثل النترات NO_3 والذي يعد اهم مصدر نتروجيني للنبات علي الاطلاق وذلك لسهوله امتصاصه والأستفادة منه.وتعيش هذه البكتريا والطحالب اما في:

- ◊ تكافل مع النباتات الخضراء
- ◊ او ككائنات حية تعيش حرة في التربة

أ- التكافل مع النباتات الخضراء

اي يعتمد كل منهما علي الاخر (تبادل المنفعة) فمع نباتات الارز والبقوليات كالفول والحمص تعيش بكتريا Rhizobium في العقد البكتيرية لهذ النباتات حيث تقوم البكتريا بتحويل غاز النتروجين الخامل الي نترات وتقدمه للنبتة، وفي المقابل تقدم النبتة العناصر الغذائية للبكتريا. وتلعب هذه الأنواع من البكتريا دورا هاما في الزراعة، اذ تستطيع ان تقوم بتثبيت 100 الي 200 كجم في السنة لكل هكتار.

ب- كائنات حية تعيش حرة في التربة

تعيش عدة انواع من البكتريا والطحالب حرة في التربة وتقوم بتثبيت النتروجين، ومن اهمها Blue Green Algae، Clostridium،Azotobacter وكفأءة هذه الأنواع في تثبيت النتروجين اقل من كفأءة الأنواع التي تعيش في تكافل مع النباتات الخضراء.اذ توفر هذه الأنواع حوالي 5 كجم من النتروجين في السنة لكل هكتار. وتلعب مثبتات النتروجين البيولوجية دورا مهما في تزويد النباتات والتربة بالمركبات النتروجينية لاستعمال النباتات الخضراء، اذا تقدم هذه الكائنات الحية الدقيقة والتي تعيش في تكافل مع النباتات الخضراء او حرة في التربة (وعلي

نطاق عالمي) اكثر مما تقدمه الأسمدة الكيميائية النتروجينية علي الرغم من عظم الناتج الصناعي العالمي.

2- التثبيت الجوي Atmospheric Fixation

يحدث هذا النوع من تثبيت غاز النتروجين عند مرورصاعقة البرق خلال الغلاف الغازي، وهنا يتم اتحاد الأكسجين مع النتروجين بفعل طاقة البرق الكهربية مكونة النترات التي تسقط مع مياه الامطار علي التربة او علي المياه السطحية وتتوقف الكمية المثبتة بواسطة التثبيت الجوي علي الظروف المناخية، وتتراوح عموما بين 15 و20 كجم نتروجين في السنة لكل هكتار.يضاف الي التثبيت البيولجي و التثبيت الجوي مصادر اخري تزود التربة والنباتات الخضراء بالمركبات النتروجينية، وهذه المصادر ناتجة عن انشطة الإنسان والمختلفة.فالملوثات الهوائية المحتوية علي المركبات النتروجينية في المناطق الصناعية، تضيف الي التربة كميات تصل الي حوالي 50 كجم من مركبات النتروجين في السنة لكل هكتار. كما يقوم الإنسان باستعمال الأسمدة الكيماوية النتروجينية والتي تستعمل خصوصا في الزراعة المكثفة او الزراعة العمودية، اذا يبلغ معدل ما يضاف من الأسمدة الكيماوية النتروجينية في اوربا حوالي 100 كجم في السنة لكل هكتار. يضاف الي ذلك المياه العادمة (مياه الصرف) والتي تحتوي علي كميات كبيرة من المركبات النتروجينية.

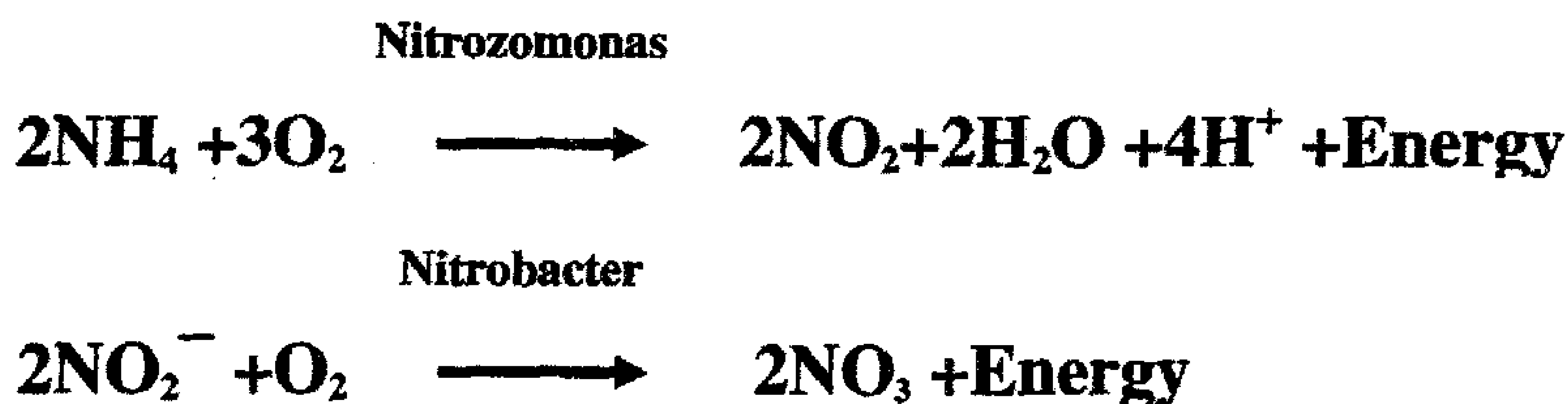
يتزايد الطلب علي الغذاء في جميع انحاء العالم نتيجة الزيادة السكانية الهائلة، مما دفع المزارعين الي استخدام انواع مختلفة من الأسمدة (المخصبات) الزراعية لزيادة خصوبة التربة المتاحة لهم وزيادة انتاجها من المحاصيل المختلفة والتي يعتمد عليها الإنسان في حياته. وبذلك زادت كميات الأسمدة النتروجينية التي تضاف للتربة سنويا.

وتبدأ دورة النتروجين بقيام النبتة الخضراء بامتصاص المثبت بواسطة شعيرات الجذور علي شكل نترات NO_3 وأمونيوم NH_4 او في بعض الحالات

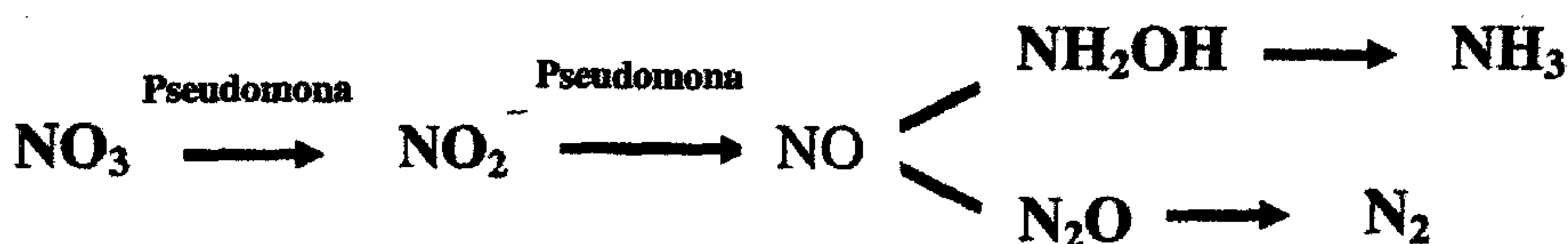
علي شكل امونيا NH3 بحيث تستخدم هذه المركبات النتروجينية في تركيب الأحماض الامينية والتي تعتبر اساس بناء البروتينات. وتستمد الكائنات الحية المستهلكة الاولية مركبات النتروجين علي شكل مركبات بروتينية من الكائنات المنتجة، كما تستمد الكائنات الحية المستهلكة الثانوية المركبات البروتينية من المستهلكات الاولية حسب السلاسل الغذائية.

وعند موت هذه الكائنات الحية بالاضافة الي افرازاتها ومخرجاتها تقوم الكائنات الحية المحللة بتحليلها الي مركباتها الاولية.

وتتم اكسدة الامونيوم في وجود وتوافر الأكسجين بواسطة بكتريا Nitrozomonas الي نتريت NO2 وبعد ذلك تؤكسد بكتريا Nitrobacter النتريت الي نترات NO3 والتي تمتصها النبتة بسهولة، وتسمي هذه العملية بالنترتة Nitrification



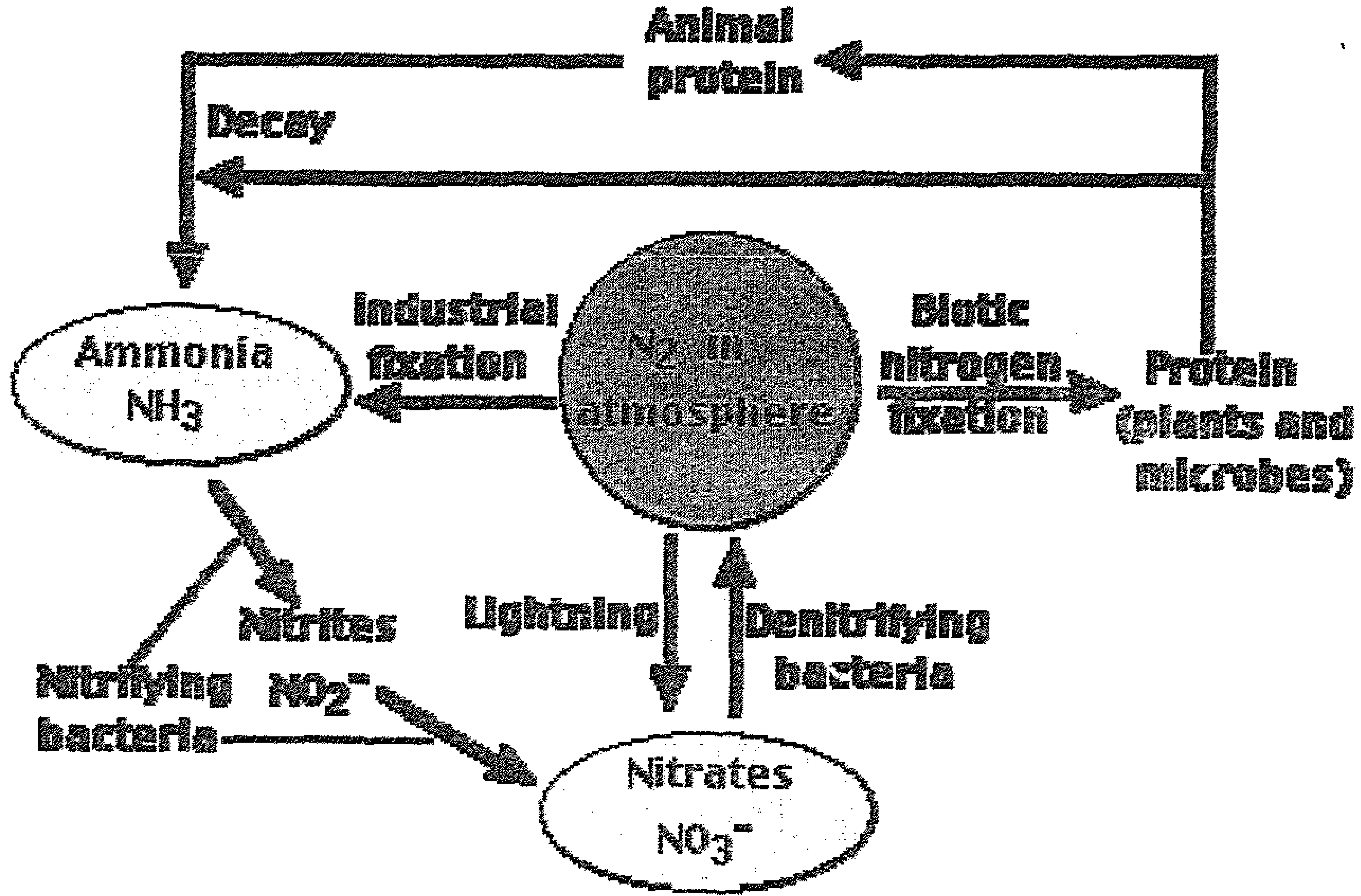
وتحت ظروف لا يتوافر فيها الأكسجين تختزل النترات بواسطة بعض الكائنات الحية مثل بكتريا Pseudomonas الي نتريت وبالتالي الي غاز النتروجين الذي يتصاعد الي الغلاف الغازي، وقسم بسيط جدا الي أمونيا وبذلك يتم اغلاق دورة النتروجين باختزال النترات الي نتروجين وهذه العملية تعرف بعملية انتزاع النتروجين Denitification



بالاضافة الي عملية Denitification تقوم البراكين والحرائق بأعادة غاز النتروجين الي الغلاف الغازي. ويحدث فقدان للنتروجين من الدورة علي شكل نترات عن طريق غسل التربة بمياه الامطار او مياه الري حيث تنقل الي المياه الجوفية والسطحية. وهنا ربما تعود النترات الي الدورة من جديد اذ كانت الطيور والاسماك المائية قد تغذت علي كائنات استفادت من هذه النترات، أو يكون تم الاستفادة منها عند استعمال المياه الجوفية في ري المزروعات. واذا لم تمتص هذه النترات بواسطة الطافيات المائية Phytoplanceton او اية نباتات مائية اخري فأنها تفقد تدريجيا داخل رواسب بحرية عميقة ولا تعود للدورة من جديد الا اذا تكشفت الطبقة الجيولوجية المحتوية علي تلك الرواسب.

تعد اليوريا من اهم الأسمدة النتروجينية المهمة لاحتوائها على نسب عالية من النيتروجين وعند ذوبأنها تتحلل ببطء الى أمونيوم وثاني اوكسيد الكربون ولهذا يمكن استعمالها اما باضافتها الى التربة او برش محلولها على النبات وتكون اليوريا على شكل بلورات بيضاء اللون تعبأ اليوريا في عبوات سليمة مصنوعة من مادة عازلة للرطوبة حيث تتحول بوجود الرطوبة الى كتل صلدة وتخزن في مخازن جافة غير معرضة للرطوبة واشعة الشمس والتلوث.

تعد النترات احدي الملوثات المائية، وحسب مواصفات منظمة الصحة العالمية WHO يجب الا تزيد كمية النترات في مياه الشرب عن 45 جزء في المليون وان لا تزيد الكمية التي يأخذها الإنسان يوميا من النترات عن 200 مجم سواء بواسطة ماء الشرب او الطعام لان النترات تسبب مرض الازرقاق عند الاطفال بالاضافة الي تكون مركبات Nitrosamine وهي مواد مسببة للسرطان. ويبين الشكل التالي عمليات تحولات النتروجين ودورته في الطبيعة.



شكل 1-6 مخطط لدورة النتروجين في الطبيعة

1-5-3-5 دورة الكبريت Sulpher Cycle

يعد الكبريت من العناصر الأساسية اللازمة للكائنات الحية،اذ لا تفتقر التربة أو الكائنات الحية من نبات وحيوان الي الكبريت. ويوجد في الطبيعة مصادر متعددة للكبريت من اهمها:

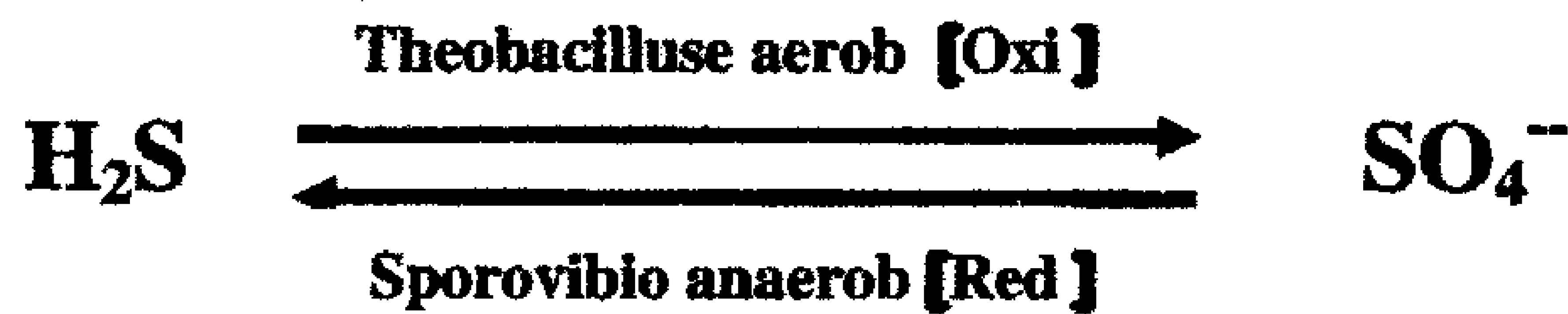
- تحلل المواد العضوية في التربة والتي ينتج عنها مركبات الكبريت بالاضافة الي مركبات اخري.
- تجوية بعض الصخور المحتوية علي الكبريت.
- البراكين والتي يتصاعد منها بعض الغازات الكبريتية.
- التلوث الناتج عن انشطة الإنسان المختلفة كالصناعة والمواصلات والتدفئة حيث تنطلق الملوثات ومن ضمنها الكبريت في صورة أكاسيد كبريتية كثاني وثالث أكسيد الكبريت اللذان يسقطان مع مياه الامطار مكونين في بعض الحالات الامطار الحمضية. وتصل كمية الكبريت الساقطة مع مياه الامطار في بعض المناطق حوالي 60 كيلوجرام في السنة لكل هكتار كما تذهب بعض المركبات الكبريتية مع المياه في مجاري المياه.

وتأخذ النباتات الخضراء الكبريت من الوسط الذي تعيش بـــه علـــي شـــكل ايونات الكبريتات $SO4^{--}$ وتستعملة في بناء البروتينات الخلويـــة.ومـــن خـــلال السلسة الغذائية تستفيد الكائنات الحية الاخري من هذه المركبات الكبريتية في بنـــاء الخلايا وعند موت الكائنات الحية يتم تحلل المواد العضوية أما هوائيا او لاهوائيا، ففي الظروف اللاهوائية كالتربة الرطبـــة والمســـتنقعات ينـــتج غـــاز كبريتيـــد الهيدروجين والذي يلعب دورا اساسيا في البيئة للاسباب الاتية:

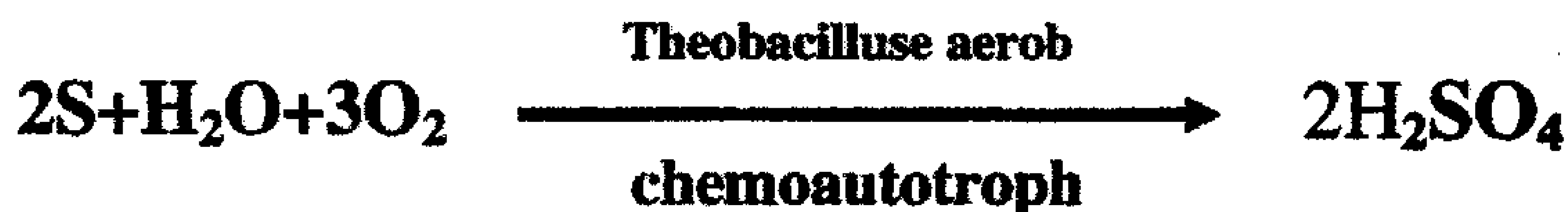
1- له تأثير سام علي الكائنات الحية.
2- رائحته الكريهة التي تحد من استعمال المياه وخاصة كمصدر للشرب.
3- احداث الأضرار بالأسمنت والمعادن عند اكسدته الي كبريتات
4- احداث تاكل ببعض المنشأت المعدنية عند تحوله الي أحماض كبريتية.

وفي الظروف الهوائية ينتج عن تحلل المواد العضوية المحتوية علي كبريت اكاسيد الكبريت، وهنا يتم اكسدة غاز كبريتيد الهيدروجين الي كبريتـــات بواســـطة بكتريا الكبريت Theobacilluse للحصول علي الطاقة نظرا لان هذه البكتريا من الكائنات الحية الدقيقة ذاتية التغذية كيميائيا.

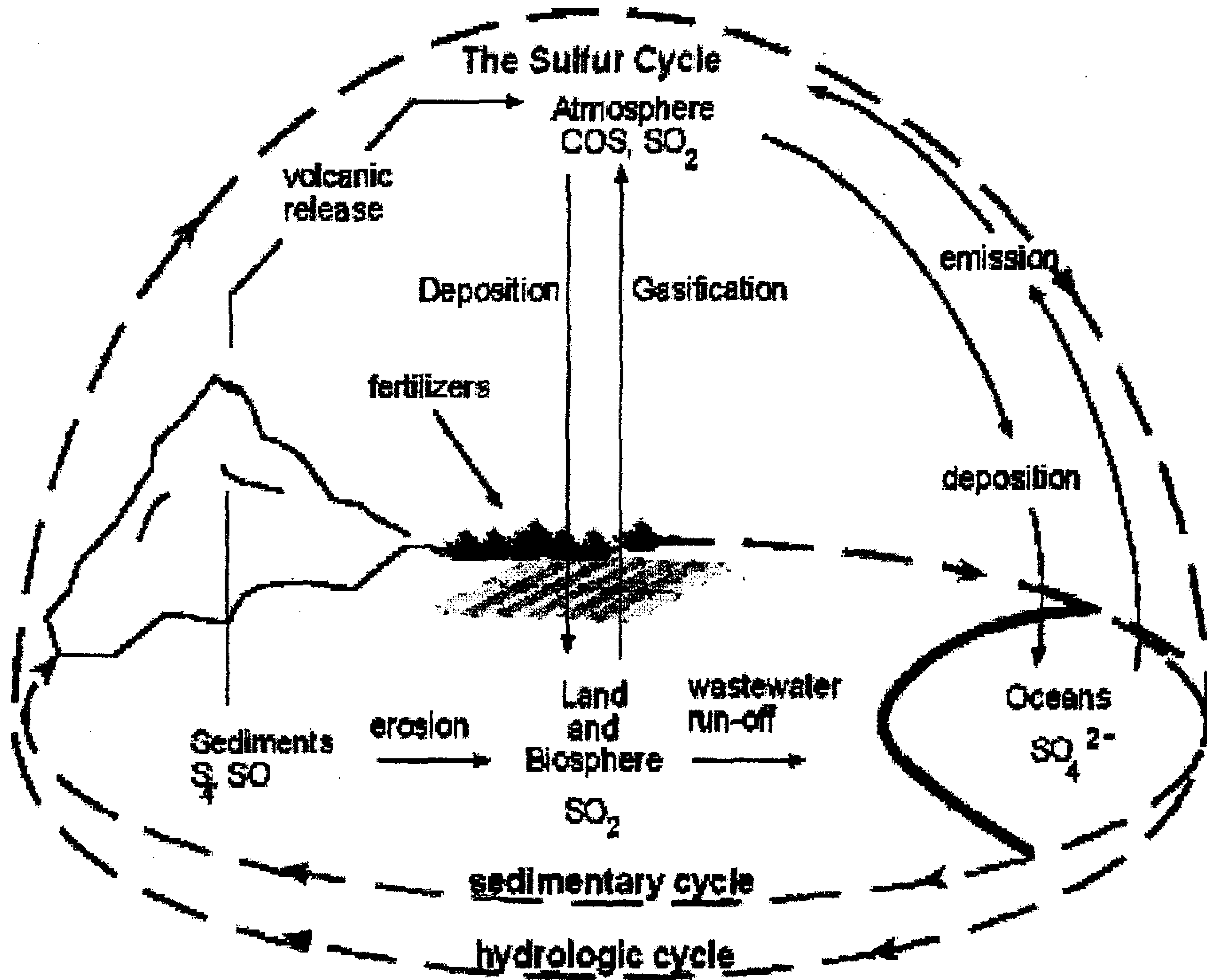
وعند تحول الظروف الهوائية الي ظروف لاهوائية يتم اختزال الكبريتـــات الي غاز كبريتيد الهيدروجين بواسطة بكتريا Sporovibio حسب المعادلة:



كما تقوم بكتريا الكبريت بأكسدة الكبريت العنصري او اية مركبات كبريتية اخري للحصول علي الطاقة حسب المعادلة:



ويلعب حمض الكبريتيك دورا هاما في تجوية الصخور عن طريق اذابة وترسيب المعادن،كما يساعد علي تمكين النباتات من الأستفادة ببعض العناصر الغذائية عن طريق اذابتها مثل اذابة الفسفور من الصخور الحاوية علي معدن الابتايت Apatite صعبة الذوبان.



شكل 1-7مخطط لدورة الكبريت

6-3-5-1 دورة الفسفور Phosphorous Cycle

يعتبر الفسفور واحد من العناصر المهمة في العمليات الحيوية في الكائنات الحية. فهو عنصر مهم في تركيب ATP و ADP بالإضافة الى كونه يدخل في تركيب العظام والأسنان. وهو يوجد في الطبيعة على شكل فوسفات، وتلعب العوامل الجوية كالأمطار والرياح دورا مهما في إيصاله للأنهار والبحار، حيث تمتصه النباتات البحرية ومن ثم يصل الى الطيور التي تقتات على هذه النباتات.

ويوجد الفسفور بكمية كبيرة في فضلات الإنسان والحيوانات والتي تستخدم فيما بعد كسماد للمزروعات. وحديثا ونتيجة لتقدم التكنولوجي أصبح الفسفور يدخل في تركيب مساحيق الغسيل مما أدى الى إرتفاع نسبته في المياه العادمة وبالتالي الى حدوث تلوث في الأنهار والبحار والمياه الجوفية مما دفع العلماء الى البحث عن طرق لإزالة مركبات الفسفور من المياه العادمة (مياه الصرف).

أما عن الكميات التي تصل الى البحار والمحيطات فهي في العادة تترسب في قاع البحر لتشكل مصدرا مختزنا من مصادر الفسفور. ويدخل الفسفور أيضا في تركيب الأسمدة وبهذه الطريقة، بالإضافة الى تحلل النباتات والحيوانات الميتة، يتم إيصاله للتربة ومن ثم الى النباتات.

وفي الطبيعة تبقى كمية الفوسفور ثابتة تقريبًا في الأنظمة البيئية المتزنة، ولكن عندما يضطرب النظام البيئي بسبب الأنشطة البشرية، فإن كمية من الفوسفور تتسرب مؤدية بذلك إلى خفض قدرة النظام البيئي على دعم النباتات. ومن الطرق التي يغيِّر بها الناس دورة الفوسفور تحويل الغابات إلى أراضٍ زراعية. وبدون حماية الغابات، فإن الفوسفور ينزح من التربة ويتحول إلى الأنهار والبحيرات. وهناك يسبب غالبًا زيادة غير مرغوبة في نمو الطحالب. وفي النهاية يحبس الفوسفور في ترسبات عند قاع البحيرات او البحار. وبسبب هذه الخسارة يتحتم على المزارعين استخدام مخصبات باهظة التكلفة لإعادة العنصر ثانية إلى التربة.

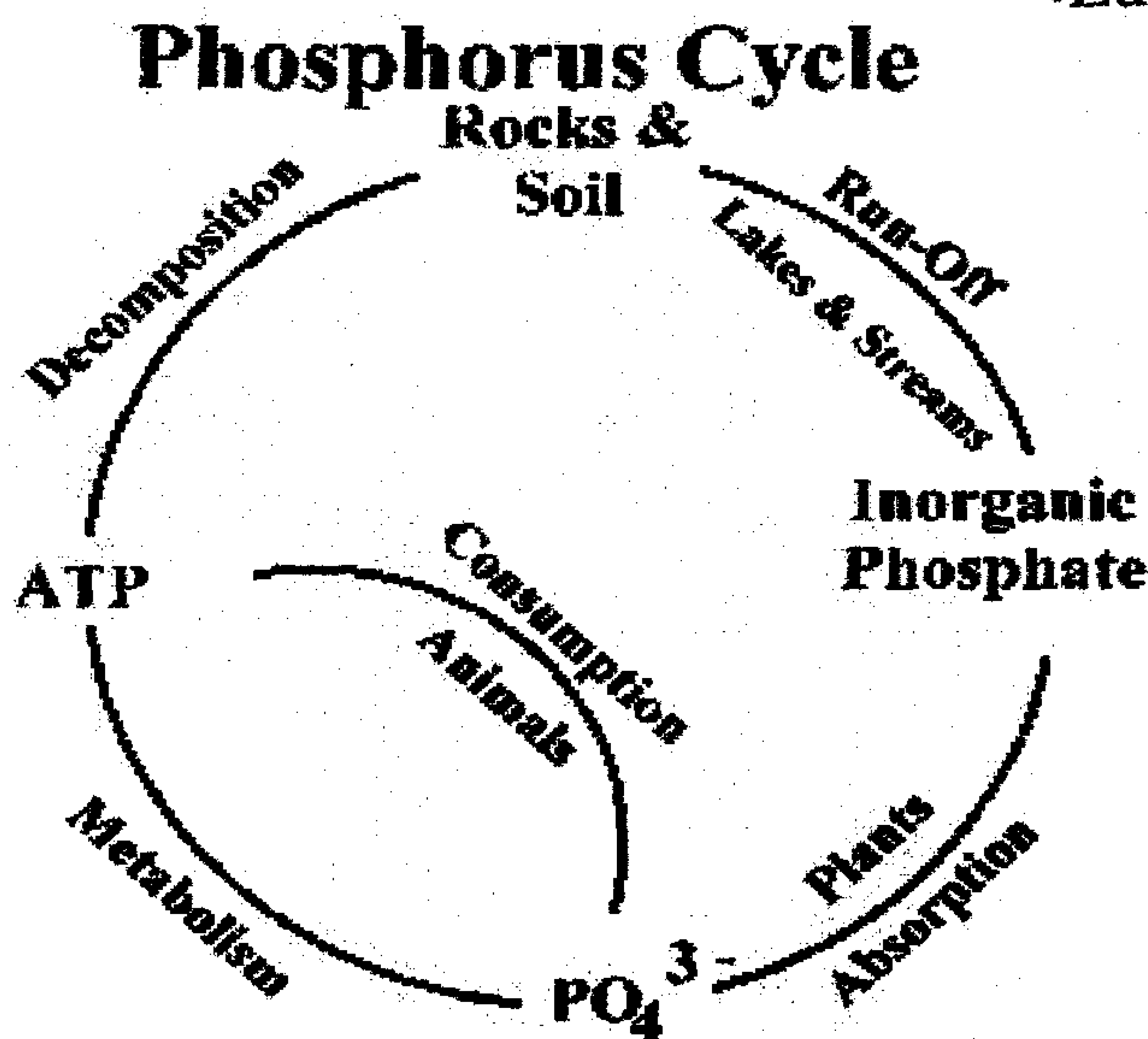
اضطراد النمو البيولوجي (الاثراء الغذائي) Eutrophication.

مركبات الفوسفات من المركبات الثابتة من الناحية الكيميائية ولذلك فان اثارها تبقي في التربة زمنا طويلا، وتعد مركبات الفوسفات من اهم المركبات التي تلوث مياه المجاري المائية وتؤدي زيادة نسبتها الي الاضرار بحياه كثير من الكائنات الحية التي تعيش في تلك المجاري المائية ومن الاضرار التي تسببها المخصبات الزراعية الفوسفاتية الزائدة عن حاجة النبات ما يلي:

1- عندما تتساب كميات كبيرة من المركبات الفوسفاتية إلى أنظمة المياه حيث تعمل على تحفيز النمو الزائد للطحالب.، اي زيادة في نمو الطحالب وتكاثرها، إلى حد لا تستطيع الحيوانات الصغيرة وغيرها في البحيرة استهلاك هذه الكميات من الطحالب، ما يجعل قدر كبير من هذه الطحالب يموت ويرسب في قاع البحيرة، ليتم تحلله هناك.

ويتطلب تحلل بقايا الطحالب المترسبة في قاع البحيرة نسبة عالية من الأكسجين المذاب في الماء. ويتم هذه الطلب الزائد على الأكسجين المذاب في الماء على حساب احتياجات الحيوانات المائية في البحيرة، ما يجبر هذه الحيوانت للهجرة من البحيرة التي تدنت فيها نسبة الأكسجين المذاب.

وكلما اختفت او هاجرت الحيوانات من البحيرة، ازداد نمو وتكاثر الطحالك، بسبب عدم وجود من يستهلكها. وبهذه الطريقة يتسارع تكاثر الطحالب في البحرة وهجرة الحيوانات منها، ما يسبب انقطاعاً في السلسلة الغذائية لنظام البحيرة. ويعرفهذا الخلل في النظام البحيري علمياً، باسم اضطراد النمو البيولوجي Eutrophication.



شكل 1-8 مخطط لدورة الفسفور

1-6. إختلال التوازن البيئي

إن التفاعل بين مكونات البيئة عملية مستمرة تؤدي في النهاية الى إحتفاظ البيئة بتوازنها ما لم ينشأ إختلال نتيجة لتغير بعض الظروف الطبيعية كالحرارة والأمطار او نتيجة لتغير الظروف الحيوية او نتيجة لتدخل الإنسان المباشر في تغير ظروف البيئة.

فالتغير في الظروف الطبيعية يؤدي الى إختفاء بعض الكائنات الحية وظهور كائنات أخرى، مما يؤدي الى إختلال في التوازن والذي يأخذ فترة زمنية قد تطول او تقصر حتى يحدث توازن جديد. وأكبر دليل على ذلك هو إختفاء الزواحف الضخمة نتيجة لإختلاف الظروف الطبيعية للبيئة في العصور الوسطى مما أدى الى انقراضها فاختلت البيئة ثم عادت الى حالة التوازن في إطار الظروف الجديدة بعد ذلك. كذلك فإن محاولات نقل كائنات حية من مكان الى آخر والقضاء على بعض الأحياء يؤدي الى إختلال في التوازن البيئي.

غير أن تدخل الإنسان المباشر في البيئة يعتبر السبب الرئيسي في إختلال التوازن البيئي، فتغير المعالم الطبيعية من تجفيف للبحيرات، وبناء السدود، وإقتلاع الغابات، وردم المستنقعات، واستخراج المعادن ومصادر الاحتراق، وفضلات الإنسان السائلة والصلبة والغازية، هذا بالإضافة الى إستخدام المبيدات والأسمدة كلها تؤدي الى إخلال بالتوازن البيئي، حيث أن هناك الكثير من الاوساط البيئية تهددها أخطار جسيمة تنذر بتدمير الحياة بأشكالها المختلفة على سطح الأرض، فالغلاف الغازي لا سيما في المدن والمناطق الصناعية تتعرض الى تلوث شديد، ونسمع بين فترة وأخرى عن تكون السحب السوداء والصفراء السامة والتي كانت السبب الرئيسي في موت العديد من الكائنات الحية وخصوصا الإنسان.

أضف الى ذلك ما يتعرض إليه الغلاف المائي من تلوث من خلال استنزاف الثروات المعدنية والغذائية هذا بالإضافة الى إلقاء الفضلات الصناعية والمياه

العادمة ودفن النفايات الخطرة. أما اليابسة فحدث ولا حرج، فإلقاء النفايات والمياه العادمة وإقتلاع الغابات وتدمير الجبال وفتح الشوارع وازدياد أعداد وسائط النقل وغيرها الكثير أدى الى تدهور في خصوبة التربة وإنتشار الأمراض والاوبئة خصوصا المزمنة والتي تحدث بعد فترة زمنية من التعرض لها.

وبالرغم من تقدم الإنسان العلمي والتكنولوجي والذي كان من المفروض أن يستفيد منه لتحسين نوعية حياته والمحافظة على بيئته الطبيعية، فأنه أصبح ضحية لهذا التقدم التكنولوجي الذي أضر بالبيئة الطبيعية وجعلها في كثير من الأحيان غير ملائمة لحياته وذلك بسبب تجاهله للقوانين الطبيعية المنظمة للحياة. وعليه فإن المحافظة على البيئة وسلامة النظم البيئية وتوازنها أصبح اليوم يشكل الشغل الشاغل للإنسان المعاصر من أجل المحافظة على سلامة الجنس البشري من الفناء . والشكل التالي يبين دورة النظام البيئي البشري والذي يتكون من مدخلات هي المنتجات والتي يجري عليها عمليات الاستهلاك لتنتج مخرجات هي الفضلات.

7-1. التنوع البيولوجى في البيئة

التنوع البيولوجى يعنى تنوع جميع الكائنات الحية، والتفاعل فى ما بينها، بدءا بالكائنات الدقيقة التى لا نراها الا بواسطة الميكروسكوب، وانتهاء بالأشجار الكبيرة والحيتان الضخمة. والتنوع البيولوجى موجود فى كل مكان، فى الصحارى والمحيطات والأنهار والبحيرات والغابات. ولا أحد يعرف عدد أنواع الكائنات الحية على الأرض. فقد تراوحت التقديرات لهذه الأنواع بين 5 و 80 مليون أو أكثر، ولكن الرقم الأكثر إحتمالا هو 10 مليون نوع. وبالرغم من التقدم العلمى الذى يشهده العالم لم يوصف من هذه الأنواع حتى الآن سوى 1.4 مليون نوع، من بينها 000، 750 حشرة و 000، 41 من الفقاريات و000، 250 من النباتات، والباقى من مجموعات اللافقاريات والفطريات والطحالب وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة.

جدول 1-2

عدد الأنواع المعروفة والتقدير لعدد الأنواع المتوقع وجودها فى المجموعات البيولوجية المختلفة

مسلسل	المجموعة	عدد الأنواع المعروفة	التقدير لعدد الأنواع المتوقع
1	المفصليات	874161	30 مليون نوع من الحشرات وقدر هذا الرقم من دراسة فى الغابات الاستوائية فى بنما.
2	النباتات الراقية	248400	تتراوح التقديرات بين 275000 إلى 400000 نوع.
3	اللافقريات "عدا المفصليات"	116873	اللافقريات الحقيقية قد تعد بالملايين والنيماتودا والديدان الثعبانية والمستديرة قد يصل كل منها إلى مليون نوع
4	النباتات غير الراقية	73900	التقديرات غير متاحة
5	الكائنات الدقيقة	36000	التقديرات غير متاحة
6	الأسماك	19006	21000نوعاً
7	الطيور	9040	تمثل الأنواع المعروفة حوالى 98% من كل الطيور
8	الزواحف	8962	الأنواع المعروفة من الزواحف والبرمائيات قد يصل إلى 95% من كل الأنوا
9	الثدييات	4000	كل الأنواع معروفة تقريبا
10	المجموع	1310992	يعد رقم 10 مليون رقماً متحفظاً، أما إذا اعتبر الرقم بالنسبة للحشرات صحيحاً فقد تصل الأرقام إلى 30 مليون او أكثر.

1-8. مفهوم التلوث البيئي Concept of Environmental Pollution

لقد ادي التنامي الكبير لعدد السكان في العالم والتقدم الصناعي والزراعي في القرن العشرين، اضافة الي عدم اتباع الطرق المناسبة في معالجة مصادر التلوث وانعدام التخطيط السليم الي تلوث عناصر البيئة كالأرض والهواء والماء، واستنزاف مصادر الثروة الطبيعية. ويمكن اعتبار مشكلتي التلوث واستنزاف الموارد الطبيعية من اهم المشاكل البيئية الرئيسية في هذا العصر سواء للعالم المتقدم أو العالم النامي. وعادة يقصد بالتلوث بأنه تداخل الأنشطة الإنسانية في موارد وطاقات البيئة بحيث يؤدي هذا التداخل الي تعرض صحة الإنسان ورفاهيته او المصادر الطبيعية للخطر او تجعلها في وضع يحتمل معه تعرضها للخطر بشكل مباشر او غير مباشر. ويعرف التلوث بوجود مادة او مواد غريبة في اي مكون من مكونات البيئة يجعلها غير صالحة للاستعمال او يحد من استعمالها. وتعرف الملوثات بأنها المواد او الميكروبات او الطاقات التي تلحق الاذي بالإنسان أو الكائن الحي عموما وتسبب له الأمراض او تؤدي به الي الهلاك.

وقد كانت النظم البيئية الطبيعية في الماضي قادرة علي استيعاب الملوثات سواء في التربة أو الماء أو الهواء، وذلك لقلة كميات وتركيزات الملوثات وعدم وجود مواد غريبة عن البيئة صعبة اوعديمة التحلل. اما اليوم فالنظم البيئية الطبيعية اصبحت غير قادرة علي استيعاب الملوثات وذلك لزيادة كميات وتركيزات الملوثات ودخول مواد غريبة غير قابلة التحلل. وتجدر الاشارة الي ان البيئة يضاف اليها سنويا اعداد هائلة من المواد الغريبة تقدر بـ 5000 مركب كيميائي جديد. ويعتمد تأثير هذه المواد علي درجة تركيزها في البيئة وخصائصها الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية وطبيعة تفاعلها مع بعضها البعض ومع البيئة المحيطة.وفي بعض الاحيان تحدث هذه المواد خللا في النظم البيئية مثل:

1-الحد او حتي القضاء علي عملية التنقية الذاتية او الطبيعية للماء والتربة.

2- القضاء علي بعض انواع النباتات او الحيوانات وزيادة مناعة الحشرات الضارة
3- تلوث السلاسل الغذائية البرية والمائية التي يقف علي راسها الإنسان.

لذا عمدت الكثير من دول العالم الي اصدار تشريعات وقوانين تلزم المصانع المنتجة للمواد الكيماوية علي اجراء الأختبارات عليها للتعرف علي سرعة تحللها في الطبيعة، ومعدل وسرعة تركزها في السلاسل الغذائية، ودرجة تأثيرها علي الجينات وكون احتمال ان تكون مسببة للسرطان وغيرها وذلك قبل الترخيص بانتاجها والسماح باستعمالها. وبالرغم من تطبيق برامج الفحص الدقيقة والطويلة الا أنه لا يمكن تفادي تاثير اية مادة كيميائية بنسبة 100 % وذلك للاسباب الاتية:

1. تتم الفحوصات والأختبارات عادة علي المستوي المعملي وتحت ظروف مختبرية محددة، بينما يقترن وجود هذه المادة الكيميائية بالبيئة التي تتواجد فيها وبعوامل وظروف مختلفة ومتعددة مثل اختلاف درجة الحرارة والرطوبة، ووجود المواد العضوية والمواد غير العضوية وبالتالي ينتج عم تفاعلها تغيرات وخواص كيميائية تختلف عن التي تحدث في المختبر.
2. تتم الفحوصات والأختبارات عادة علي الحيوانات كالكلاب والفئران والخنازير وغيرها من الحيوانات وبالتالي لا يمكن تعميم فسيولوجيتها ومدي استجاباتها لتلك المواد وبالطبع نتائجها علي الإنسان.
3. تختلف الكائنات الحية من نفس النوع في مقاومتها للمواد الكيماوية ومناعاتها المكتسبة لها.

لذلك يجب الامتناع عن استعمال المواد الكيماوية قدر الامكان وفي اضيق الحدود.

1-8-1 مصدر التلوث Pollution Source

هناك المصدر الذي تنبعث منه بعض الملوثات، مثل أنبوب المجاري الذي يطرح ماء متسخًا في نهر من الأنهار، من نقطة محدودة او مكان محدد، ويعرف هذا بتلوث المصدر المحدود، في حين تنبعث ملوثات أخرى من مناطق واسعة. ففي

مقدور الماء الجاري في المزارع أن يحمل معه المبيدات والأسمدة إلى الأنهار، كما أن بإمكان مياه الأمطار أن تجرف الوقود والزيت والأملاح من الطرق ومواقف السيارات، وتحملها إلى الآبار التي تزودنا بمياه الشرب .ويسمى التلوث الصادر عن مثل هذه المناطق الواسعة بتلوث المصدر اللامحدود.

1-9. أنواع التلوث البيئي Types of Environmental Pollution

يمكن تقسيم انواع التلوث البيئي تبعا للمكان الذي يحدث به التلوث، فغالبا الملوثات تنتقل عبر الهواء والماء والتربة ولان الماء والهواء والتربة غير منفصلة بل مرتبطة ببعضها البعض فيمكن ان نجد نوع واحد من التلوث منتشرا في كل من المحيط الغازي والمائي والارضي.ولهذا فانواع التلوث البيئي طبقا لهذا المنظور تنقسم الي الاتي:

1. تلوث الهواء.
2. تلوث الماء.
3. تلوث التربة.

1. تلوث الهواء Air Pollution

يصبح الهواء ملوثا اذا حدث تغير في تركيبه الطبيعي او دخلت عليه عناصر غريبة، سواء كانت هذه العناصر طبيعية او كيميائية او بيولوجية مثل الغازات او الجسيمات او الميكروبات، خلال فترة قصيرة او طويلة بحيث تؤدي الي الحاق ضرر بحياة الإنسان او الحيوان او الكائنات الاخري او الممتلكات الاقتصادية.

2. تلوث الماء Water Pollution

يقال ان الماء ملوث اذا ما احتوي علي مواد غريبة سائلة او صلبة عضوية او غير عضوية ذائبة او غير ذائبة او كائنات دقيقة، وتغير هذه المواد من الخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للماء، وبذلك يصبح غير صالح للاستهلاك المنزلي او في الزراعة او في الصناعة.

3. تلوث التربة Soil Pollution

تلوث التربة يعني دخول مواد غريبة في التربة او زيادة في تركيز احدي مكوناتها الطبيعية مما يؤدي الي التغير في التركيب الكيميائي والفيزيائي للتربة.

وايضا ولكن إذا وجد ما يخل بوظائف التربة عن أداء مهامها فهو يعتبر تلوث للتربة واجهاد لها. وهذه المواد التي يطلق عليها ملوثات التربة قد تكون مبيدات او مواد وأسمدة كيميائية أو امطار حمضية ساقطة أو نفايات صناعية أو نفايات وفضلات منزلية او النفايات المشعة.

1-10. دور الكيمياء في خدمة البيئة

تؤدي الكيمياء دورا هاما في خدمة البيئة، فقد قدمت الكيمياء العديد من الحلول العملية والتطبيقية للكثير من المشاكل البيئية، فيقدم علم الكيمياء فهما وتوضيحا لكثير من التفاعلات الكيميائية داخل الانظمة البيئية، ويشرح العمليات الكيميائية التي تتم داخل المنظومات البيئية كدورات الحياه البيوجيوكيميائية وعمليات تدفق الطاقة، كما ان العديد من التطبيقات الكيميائية قد نفذت للتحكم في التلوث البيئي من خلال التخلص من الملوثات وازالة اثاراها واضرارها. وتتمثل هذه التطبيقات في كثير من العمليات والتقنيات والطرق الكيميائية لمكافحة وازالة ملوثات الهواء والماء والتربة عن طريق التفاعلات الكيميائية. كما تقوم المختبرات الكيميائية بدور هام في خدمة البيئة وذلك من خلال:

- دراسة العمليات الكيميائية داخل الانظمة البيئية.
- رصد الملوثات والإنبعاثات الملوثة وتعيين تركيزاتها في الماء والهواء والتربة.
- حماية البيئة من التلوث من خلال التجارب البحثية المتعلقة بالبيئة.
- المساعدة في وضع حلول لمشاكل التلوث الكيميائي للبيئة.
- كشف السموم والملوثات البيئية في جميع الموانئ والمطارات.

- المساعدة في تقييم المخاطر البيئية.
- المساعدة في تقييم الأثار البيئية للمشروعات الإنمائية (صناعة – زراعة – إسكان).
- تقييم أداء محطات المعالجة للصرف الصحي أو محطات المخلفات الصناعية السائلة.
- المساعدة في تطوير وابتكار طرق وعمليات واجهزة مكافحة التلوث والتحكم فيه.
- المساعدة في ابحاث ودراسات التلوث البيئي.
- المشاركة في وضع المواصفات الخاصة ببعض الاجهزة المستخدمة في المجالات البيئية.
- المشاركة في وضع المواصفات الخاصة بالاختبارات والفحوص البيئية خاصة الاختبارت الكيميائية.

الفصل الثاني

كيمياء التربة وتلوث التربة والبيئة الارضية

2. مقدمة عن التربة

2-1. المفاهيم المختلفة لتعريف التربة

2-2. فائدة التربة

2-3. التنوع البيولوجي للتربة

2-4. أصناف الأتربة

2-5. التركيب الطبيعي والكيميائي والبيولوجي للتربة

2-6. العمليات الخارجية المؤثرة على سطح الأرض

2-7 مفهوم تلوث التربة

2-8. مصادر تلوث التربة

2-8-1. التلوث الطبيعي للتربة

2-8-2. الملوثات البشرية (الصناعية) للتربة

2-9. التحكم في تلوث التربة

الفصل الثاني

كمياء التربة وتلوث التربة والبيئة الارضية

2. مقدمة عن التربة

التربة مورد متجدد من موارد البيئة تتكون من مواد صلبة عضوية وغيرعضوية، وتعد التربة العنصر الثالث الهام من العناصر البيئية بعد الهواء والماء، فهي تؤلف جزءاً لا يتجزأ من المنظومة البيئية Ecosystem، والتربة تتبادل المواد والطاقة مع النظامين البيئيين المائي والهوائي، كما يرتبط سلامة التربة وتلوثها بمدي سلامة وتلوث كل من الهواء والماء لتاثر العناصر الثلاثة ببعضهما البعض في اتزان بيئي فريد. ومن ثم فان دراسة التربة من الدراسات الهامة لفهم النظم البيئية.

والتربة هي الطبقة الهشة التي تغطي صخور القشرة الأرضية على إرتفاع يتراوح ما بين بضع سنتمرات إلى عدة أمتار وهي مزيج أو خليط معقد من المواد المعدنية والعضوية والهواء والماء فيها يثبت النبات جذوره ومنها يستمد مقومات حياته اللازمة لبقائه وتكاثره وإنتاجه. وهي تشكل مصدر عيش الإنسان باعتبارها الوسط الملائم لنمو النباتات بمختلف أشكالها وأنواعها.

والتربة نظامٌ بيئي مفتوحٌ صلب لا عضوي وصلب عضوي ومعقد مبعثرٌ ومسامي غير متجانس ومتغير في الحيّز والزمن، يشغل الجزء السطحي من القشرة الأرضية.

وعلم التربة soil science فيُعنى بدراسة خصائص التربة الشكلية والميكانيكية والفيزيائية والكيمياوية والحيوية والخصوبية، كما يتناول التربة توزعاً وتصنيفاً وصيانةً واستصلاحاً واستعمالاً.

والتربة هي مورد فعال يزود النباتات بالحياة، وهي مكونة من خليط ذو أحجام مختلفة من جسيمات معدنية (رمل، غرين، وطين) ومواد عضوية وأنواع

متعددة من الكائنات الحية. وبالتالي فان للتربة خصائص بيولوجية وكيميائية وفيزيائية بعضها ديناميكي يمكنه التغير حسب طرق التعامل مع التربة.

2-1. المفاهيم المختلفة لتعريف التربة

للتربة ثلاثة معاني يمكن تعريفها من خلالها فالتربة من المفهوم الزراعي تختلف عن التربة من المفهوم الجيولوجي وتختلف من المفهوم الهندسي. عموما يمكن تعريف التربة من المفاهيم الثلاثة كالاتي:

التربة من المعني او المفهوم الزراعي تعرف التربة من هذا المعني بأنها الطبقة السطحية الرقيقة من الأرض الصالحة لنمو النبات والتي ينمو فيها النبات ويتخلل جذوره طبقتها.

التربة من المعني او المفهوم الجيولوجي تعرف التربة من هذا المعني بأنها الطبقة او الجزء من الأرض التي حدث لها تجوية (الجزء المجوي المفتت).

التربة من المعني او المفهوم الهندسي تعرف التربة من هذا المعني بانها سطح الارض المتماسك الذي يمكن استغلاله واستخدامه هندسيا في تشييد المنشأت عليه.

وعموما التربة تعرف بأنها الطبقة السطحية من الأرض التي تستخدم لاغراض عدة، وقد تكونت التربة خلال سلسلة من العمليات المعقدة استمرت ملايين السنين نتيجة فعل الحرارة والرطوبة والرياح والكائنات الحية مثل النباتات الاولية والراقية والحيوانات.

وتلوث التربة يعني دخول مواد غريبة في التربة أو زيادة في تركيز احدي مكوناتها الطبيعية مما يؤدي الي التغير في التركيب الكيميائي والفيزيائي للتربة.

وايضا ولكن إذا وجد ما يخل بوظائف التربة عن أداء مهامها فهو يعتبر تلوث للتربة واجهاد لها. وهذه المواد التي يطلق عليها ملوثات التربة قد تكون مبيدات أو مواد واسمدة كيميائية أو امطار حمضية ساقطة أو نفايات صناعية أو

نفايات وفضلات منزلية أو نفايات مشعة. ويؤدي تلوث التربة الي تلوث المحاصيل النباتية الزراعية بمواد تضر بصحة الإنسان الذي يتغذي عليها مباشرة أو بطريقة غير مباشرة عن طريق انتقال هذه الملوثات الي المنتجات الحيوانية مثل البيض واللحم والحليب التي يتناولها الإنسان. كما يؤدي ايضا الي الاضرار بالمنشآت الهندسية والمياه السطحية والجوفية.

ومصادر تلوث التربة عديدة منها الغلاف الجوي والغلاف المائي أو الغلاف الحيوي بما في ذلك الإنسان وانشتطه المختلفة وهذا يدل علي ان مكونات التربة تعتمد علي مكونات الهواء والماء وتركيب الهواء يعتمد عي التربة والماء وهكذا اي ان التربة احد المكونات الرئيسية للدورات الطبيعية لبيئة الأرض والمرتبطة فيما بينها.

2-2. فائدة التربة

للتربة العديد من الخدمات والوظائف المهمة، فهي تدعم نمو وتنوع النبات والحيوان من خلال تقديم البيئة البيولوجية والكيميائية والفيزيائية الضرورية لتبادل كل من الماء والمواد المغذية والطاقة والهواء.

كما تنظم التربة توزيع المطر أو مياه الري بين التسريب والفائض وتدفق وخزن الماء والمواد المذابة بما فيها النيتروجين والفسفور والمبيدات الحشرية والمواد المغذية الأخرى والمركبات المذابة في الماء، وتخزن التربة أيضا وتسهل عملية انطلاق المواد الغذائية المغذية للنبات والعناصر الأخرى وتعمل على تنظيم إنتاجها بشكل دوري، كما تعمل التربة كمصفاة لحماية جودة الماء والهواء والموارد الأخرى، وتدعم أيضا الأبنية وتحفظ الثروات الأثرية.

2-3. التنوع البيولوجي للتربة

يعكس التنوع البيولوجي للتربة اختلاط الكائنات الحية فيها، حيث تتفاعل هذه الكائنات مع بعضها البعض ومع النباتات والحيوانات الصغيرة مشكلة عالم من

النشاطات البيولوجية، فالتربة من أكثر أجزاء الأرض المتنوعة بيولوجياً، حيث تتضمن شبكة غذاء التربة الخنافس والسوس والديدان والعناكب والنمل والفطر والبكتيريا وعضويات أخرى.

إن هذه العضويات تحسن من امتصاص وتخزين الماء، ومن مقاومة التربة للانجراف، ومن تحسين المواد المغذية للنبات، وتحليل المواد العضوية. كما يزود الاختلاف الواسع من العضويات فحوصات وتوازنات في شبكة الغذاء في التربة من خلال التحكم بالسكان وقابلية التحرك والانتقال والقدرة على العيش من فصل إلى فصل.

2-4. أصناف الأتربة

يمكن تقسيم الأتربة من حيث تركيبتها إلى خمسة أصناف أساسية، رغم أنها متوافرة في معظم الأحيان في خليط مع بعضها.

1- **التربة الطينية (soil clay)**: تتكون من أجزاء دقيقة جدا، لذلك يطلق عليها – في علم الجنانة – إسم "التربة الثقيلة" لأنها صعبة العزق او النكش. قد تكون هذه التربة خصبة جدا في بعض الأحيان إلا أنها تفتقر دائما إلى الصرف الجيد (أي يصعب تسرّب الماء و الهواء في مساماتها). لذلك إذا كانت التربة رطبة فستتكتّل وتتحد وتمنع بدورها دخول الهواء فيها. وإذا كان جافة فستتشقّق وتُحدث فجوات كبيرة من جراء التشقّق وبالتالي سيصعب التعامل معها. يمكن تخفيف ثقل هذه التربة وتحسين جودتها من خلال إضافة مادة الدُبال إليها. ومادة الدبال عبارة عن مواد عضوية متحلّلة. لذلك يمكن إعتبار زبل (روث) الحيوانات، واوراق الأشجار، ومخلّفات الحديقة، وبعض المواد العضوية الأخرى هي التي يتكوّن منها الدبال. تُضاف هذه المواد عادة و تُفلح مع التربة حتى تنطمر وتتعفّن ببطيء لتصبح ما يسمى بالدُّبال.

2- **التربة الرملية (sandy soil):** على نقيض النوع الاول، تتكوّن من أجزاء كبيرة. تسمى بالتربة الخفيفة لأنها سهلة العزق او النكش في جميع حالات الطقس. و نظرا لنسبة المياه الضئيلة التي يمكن أن تحتفظ بها هذه الأتربة، فأنها تجف بسرعة. تحتاج هذه الأنواع من الأتربة إلى كميات كبيرة من المواد العضوية التي ذكرناها في الصنف الاول من الأتربة (التربة الطينية) لكي يتسحّن وضعها ومستوى خصوبتها.

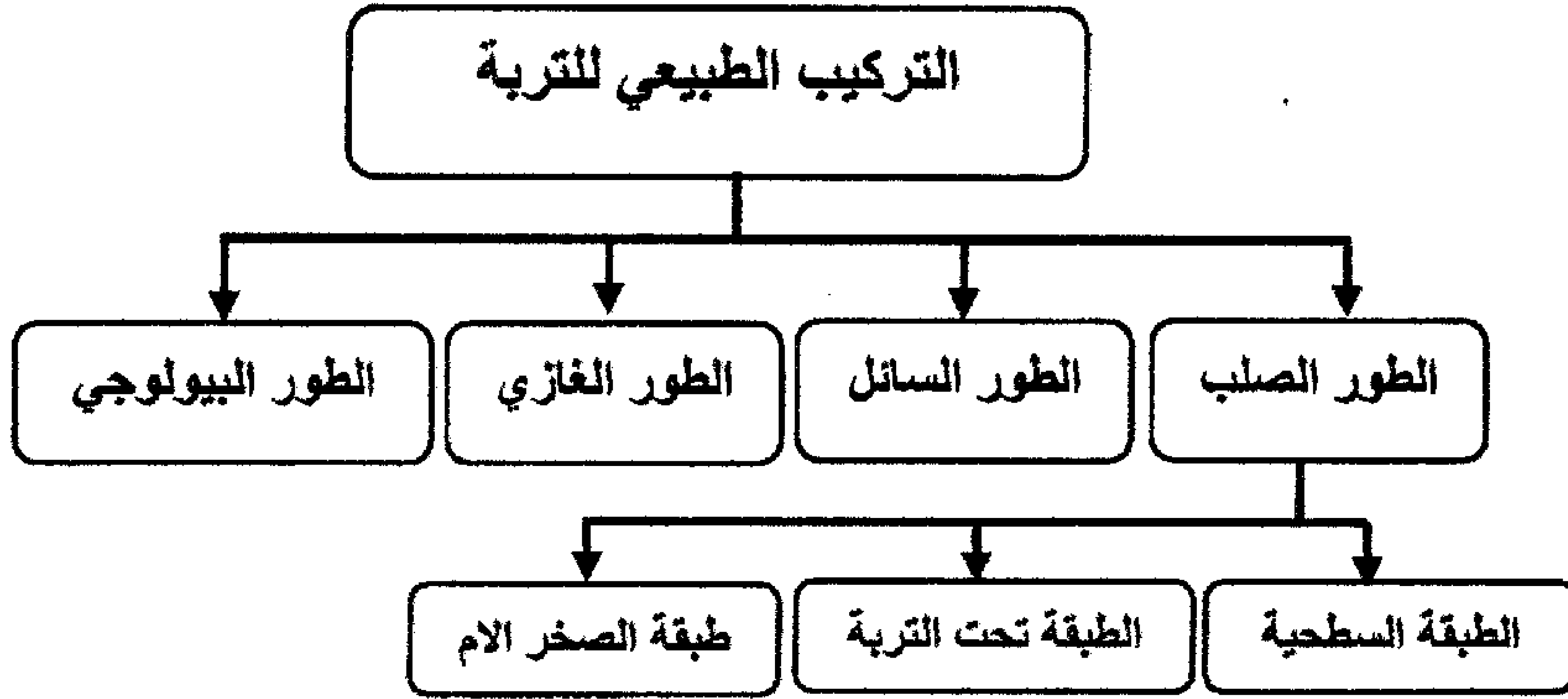
3- **التربة الطُفَليّة (loamy soil):** هي أفضل الأتربة على الإطلاق. تتكون من خليط من التربة الطينية و التربة الرملية. تتميز هذه التربة بأنه يسهل العمل بها وليست قاسية ولا تشكل كُتلا كبيرة إذا جفّت. ومن المهم أن تكون التربة كثيفة ومحروثة جيدا حتى يتسنى لجذور النباتات إختراقها بسهولة وبسرعة. وإذا أضيفت الأسمدة العضوية فستكون تربة أكثر من مثالية لزرع النباتات. تتميز أيضا بأنها تسخن بسرعة في الربيع، ولا تجف بسرعة في الصيف – لأنها قادرة على إحتجاز كميات كبيرة من الماء.

4- **الطمي (soil cilty):** من خصائص هذه التربة أنها مالسة ولزقة، وجيدة الصرف. كما أنها غنية بمادة الدُبال، لذلك أكثر خصوبة من التربة الرملية.

5- **الخُث (peaty soil):** تحتوي على كمية كبيرة من المواد العضوية (يحتوي بشكل أساسي على مادة الخُث: وهو نسيج نباتي نصف متفحّم يتكون بتحلّل النباتات تحلّلا جزئيا). تتميز هذه التربة بأنها داكنة اللون، وتسخن بسرعة في الربيع. تتميز أيضا بقدرتها على الإحتفاظ بكميات كبيرة من المياه بداخلها مما يجعلها رطبة لمدة أطول من الأتربة الأخرى. أخيرا هي تربة مثالية للزرع، خاصة إذا أضيفت لها الأسمدة العضوية.

2-5. التركيب الطبيعي والكيميائي والبيولوجي للتربة

التربة نظام غير متجانس ذو بنية مفككة يتكون من أربعة اطوار صلبة وسائلة وغازية وبيولوجية كما يبين الشكل التالي.



شكل 2-1 مخطط للتركيب الطبيعي للتربة

اولا: الطور الصلب

ويتكون الطور الصلب من التربة من:

أ- مواد غير عضوية تتكون من حبيبات بعضها كبير وبعضها صغير لا يري الا بالميكرسكوب تكونت من الصخور نتيجة لعمليات التعرية الفيزيائية والكيميائية والحيوية حيث يلعب نوع هذه المواد دورا هاما في تحديد خصوبة التربة من عدمه وكذلك درجة تلك الخصوبة.

ب- مواد عضوية هي عبارة عن بقايا ومخلفات النبات والحيوان تنيجة لعمليات التحلل البيولوجي بواسطة الكائنات الدقيقة الموجودة في التربة مثل البكتريا والفطريات وتلعب المواد العضوية دورا بارزا في تحديد انتاجية التربة. ويعتمد تراكم المواد العضوية في التربة علي عدة عوامل اهمها درجة الحرارة وتوفر الأكسجين حيث ينخفض التحلل الحيوي بانخفاض كل من درجة الحرارة وكمية الأكسجين الموجودة (حيث ان كثير من عمليات التحلل الحيوي تتم بالكائنات الهوائية).

وعادة يتكون الطور الصلب من ثلاث طبقات متتالية عبارة عن:

أ- الطبقة السطحية Surface Soil وهي الطبقة التي تغلف الأرض وعمقها لا يتجاوز عدة سنتيمترات وتحتوي علي المواد العضوية وتعيش فيها معظم الكائنات الدقيقة كما تحتوي علي الكثير من العناصر الرئيسية كما يبين الجدول التالي:

جدول 2-1

جدول النسب المئوية الوزنية للعناصر المكونة للقشرة الأرضية

العنصر	النسبة المئوية الوزنية W/W
الأكسجين	46.60
السيليكون	27.72
الالمونيوم	8.13
الحديد	5.0
الكالسيوم	2.63
الصوديوم	2.83
البوتاسيوم	2.59
الماغنيسيوم	2.09

ب- طبقة تحت التربة Subsoil Layer وهي تقع تحت الطبقة السطحية للتربة مباشرة وبها قليل من بقايا الكائنات الحية عند مقارنتها بالطبقة السطحية.

ج- طبقة الصخر الام Solid Layer وهي عبارة عن الطبقة الثابتة الاصلية الصلبة والتي تكونت منها التربة وهي اقل عرضة لعوامل تكون التربة من رياح ورطوبة ودرجة حرارة بسبب تكوينها الصخري وتختلف حيب نوعية الصخر وتكوينه الجيولوجي.

ثانياً: الطور السائل

وهوالذي يسمي عادة محلول التربة وهوعبارة عن محلول مائي يحوي العديد من الأملاح بالاضافة الي بعض المواد العضوية، وهو يمتص من قبل النبات عبر الجذور ثم ينتقل من النبات الي الغلاف الجوي خلال عملية النتح Transpiration.

ثالثاً: الطور الغازي

وهو عبارة عن الهواء الموجود داخل فراغات التربة، ويشكل حوالي 35% من حجم التربة ويختلف تركيبه قليلا عن هواء الغلاف الجوي اذ يحتوي علي نسبة اقل من الأكسجين ونسبة اكبر من ثاني أكسيد الكربون.

رابعاً: الطور البيولوجي

ويشمل كل ما هو حى فى الأرض كالأحياء الدقيقة بصورها وأنواعها (ميكروبات- فطريات- طحالب....) والديدان الأرضية والحشرات وجذور النباتات.

النشاط البيولوجي للتربة:

النشاط البيولوجي في التربة عامل أساسي في خصوبتها فالتربة ليست هي مجموعة من العناصر المعدنية متراكمة فوق بعضها البعض، بل هي وسط حيوي يحتوي بالإضافة إلى العناصر المعدنية على كائنات حية متنوعة نباتية وحيوانية تلعب دوراً كبيراً في تشكل التربة وتطورها فهي تلعب دوراً هاماً في التفاعلات البيوكيميائية التي تجري في التربة والتي ينتج عنها تحول المادة العضوية إلى دبال وتحضير المواد النتروجينية اللازمة لتغذية النباتات وتنشط هذه التفاعلات عندما تكون الشروط الطبيعية (حرارة، تهوية، رطوبة) ملائمة لنشاط هذه الكائنات.

6-2. العمليات الخارجية المؤثرة على سطح الأرض وتكون التربة(*)

إذا كانت الجبال هى النتيجة المباشرة للعمليات الداخلية فــإن هنــاك أيضــا عمليات خارجية تؤدى دورا مكملا للعمليات الداخلية فى تكوين معــالم وظــواهر سطح الأرض.

ولعل الدور الأكبر الذى تؤديه تلك العمليات الخارجية هى إزالة تلك الجبــال وجعلها حطاما ونقل هذا الحطام من أماكنه الأصلية إلى أماكن أخرى ثــم ترســيبه إياه.

ويطلق على هذه العمليات أسم شامل لها وهو التعرية Denudation وتشمل كــلا مــن التجويــة Weathering والنقــل Transportation والترســيب Deposition ولكل منها عوامله ووظائفه ونتائجه.

اولاً: التجـــــوية

التجوية هي العملية التي يؤثر من خلالها الجو من خلال عوامل معينة تؤدي الي تكسير وتفكيك الصخور المتماسكة الي رسوبيات فتاتية (مفتتة).

والتجوية هى اولى مراحل تلك العمليات الثلاث والتى تنتهى بالترسيب مــع الأخذ فى الاعتبار أنه لا يوجد فاصل بين عملية وأخرى بل إن العمليــات الــثلاث تتداخل فيما بينهما فى معظم الأحيان.

تعد التجوية إحدى الظواهر الجيولوجية الأكثر أهمية لحياة الإنسان على هذا الكوكب، نظرا لأن نواتجها النهائية، وهي التربــة الخصــبة الصــالحة للزراعــة والمعادن ذات الأهمية الإقتصادية، تعد من أهم العناصر التي يســتخدمها الإنســان للحصول على طعامه ومنافعه الأخرى، كما أن بعض نواتج التجوية هى فى الحقيقة الأمر تمثل تجمعاً معدنيا له قيمة اقتصادية فى الحياة البشر.

(*) د/ مصطفي يعقوب http://www.smsec.com/encyc/earth/index.htm

وحيث أن عمليات التجوية تؤثر على المواد العضوية أكثر منها على الصخور، لذلك فان بقايا الحيوانات والنباتات لا يمكن حفظها -من التجوية- بسهولة في السجل الصخري. كذلك فإن الكثير من المواد مثل الحديد والإسمنت – في أغلب الأحوال- لا تصمد أمام عوامل التجوية التي تقوم إن عاجلا أو آجلا بطمس ما يصنعه الإنسان من هياكل بنائية.

تقسم عمليات التجوية إلى ثلاث أقسام هي التجوية الميكانيكية والكيميائية والبيولوجية وتحدث عمليات التجوية بشكل متداخل بين بعضها البعض حيث تساعد كل عملية على تعزيز وتعجيل العملية الأخرى، وتسود التجوية الميكانيكية في المناطق شديدة الجفاف والمناطق شديدة البرودة، بينما تسود التجوية الكيميائية في المناطق شديدة الرطوبة والحرارة، أما التجوية البيولوجية فتسود أينما كان النشاط الإحيائي(البيولوجي) كبيرا ومؤثرا.

(أ) التجوية الفيزيائية (الميكانيكية) Physical Weathering (Mechanical):

ويقصد بهذا النوع من التجوية، العمليات الطبيعية التى تؤدى إلى تحطيم الصخر وتفككه إلى فئات وحطام صخرى دون المساس بالتركيب الكيميائي ويرادف التجوية الفيزيائية مصطلح التفكك (التفتت) Disintegration.

(ب) التجوية الكيميائية:

وتنشأ عادة من تفاعل الماء ومكونات الهواء الغازية مع المعادن المكونة للصخور فتحول بعض المعادن إلى معادن أخرى.

ويرادف التجوية الكيميائية مصطلح التحلل Decomposition والتجوية الميكانيكية (التفكك) والتجوية الكيميائية (التحلل) تعملان معا فى الغالب وربما سادت أحداهما على الأخرى حسب الظروف المناخية وعلى سبيل المثال فإن التحلل يسود فى المناطق الرطبة والدافئة بينما يسود التفكك فى المناطق الصحراوية الجافة.

(ج) التجوية البيولوجية:

التجوية هي العملية التي يحدث فيها تكسير وتفكيك الصخور المتماسكة الي رسوبيات فتاتية (مفتتة) بتأثير العوامل البيولوجية كالكائنات الحية مثل تأثير الديدان والنمل في بعض الصخور الصلبة مسببة تفككها وتفتتها الي رسوبيات. والحيوانات التي تشق لها جحوراً في الأرض وجذور النباتات الممتدة في الأرض تسهم أيضاً في تكسير الصخور.

(أ) التجوية الفيزيائية:

إن المهمة الرئيسية للتجوية الفيزيائية هى تفكك الصخر وبالتالى زيادة مساحة سطحه ومن ثم زيادة فاعلية التجوية الكيميائية.

وفيما يلى عرض لأهم عوامل التجوية الميكانيكية:

1- التمدد والانكماش الحرارى Thermal Expansion and Contraction:

تعتبر الصخور بصفة عامة من المواد الرديئة التوصيل الحرارة و لما كان الصخر - أى صخر - يتكون من عدة معادن وأن لكل معدن خصائصه الحرارية الخاصة به سواء أكانت هذه الخصائص تتعلق بمعامل التمدد او الحرارة النوعية. فإن تأثير درجات الحرارة يظهر واضحا على الصخور مع البعد الزمنى الكبير.

فاختلاف درجات الحرارة وهو اختلاف كبير فى المناطق الصحراوية بين الليل والنهار الذى قد يصل فى بعض الأحيان إلى 35مْ فى اليوم الواحد وهناك أيضا الفروق الموسمية بين الفصول المختلفة. كل هذا يؤدى إلى تكرار عملية تمدد المعادن وانكماشها وبالنظر إلى اختلاف معاملات التمدد الحرارى للمعادن فأنها تعمل بمرور الزمن على التفكك من بعضها البعض من خلال الضغوط الناتجة من تمدد المعادن بالحرارة مما يؤدى إلى إجهاد Stress الصخر وبالتالى خلخلة المستويات العليا من الصخر وكونا غطاء من الفتات الصخرى. وتعرف هذه

العلمية باسم التقشر Exfoliation. وعندما يزال هذا الغطاء بفعل الرياح او المياه الجارية فإن الصخر يصبح معرضا لتكرار نفس التأثير... وهكذا.

2- أثر تجمد المياه Frost Wedging:

كثيرا ما تحتوى الصخور على شقوق وفواصل ومسام صخرية وعندما يتغلغل فيها الماء وبتأثير الحرارة المنخفضة التى تصل إلى ما دون الصفر التي يتجمد فيها الماء.

وينتج عن تجمد الماء وتحوله إلى جليد زيادة نسبيا فى الحجم تصل إلى 10% وتسبب هذه الزيادة ضغطا على الشقوق والفواصل والمسام الأمر الذى يؤدى إلى اتساعها وبتكرار عملية التجمد يتفكك الصخر إلى حطام صخرى.

ويتضح تأثير تجمد المياه فى المناطق الباردة ومنحدرات الجبال حيث تكثر بها الفواصل وتعرف نواتج هذا التأثير بالتالوس Talus وهى رواسب من الفتات الصخرى غير منتظم الأجزاء ويتميز بزواياه الحادة والمتراكم حول سفوح التلال والجروف.

3- إزالة الحمل Unloading:

من المعروف أن الصخور فى حالة إتزان مع بعضها البعض بمعنى أن الطبقات السفلى من الصخور فى حالة إتزان - من حيث الضغط - مع الطبقات التى تعلوها لأن الضغط هنا متجانس فى جميع الاتجاهات. فإذا حدث ترسيب بعد ذلك فإن الضغط يزداد على الطبقات السفلى. ولا يحدث لهذه الطبقات أى تشوه ما لم يتعد الضغط الواقع عليها حد المرونة. وكل ما هناك أنه سوف يحدث تغير فى الحجم بحيث تنضغط الطبقات السفلى بتأثير الضغط الناتج من زيادة الحمل.

فإذا أزيل هذا الحمل بسبب عمليات التعرية فأنه سوف يحدث إختلال فى حالة الاتزان القائمة والتى سادت ما بين الضغط الخارجى (من طبقات الصخور

العلوية) والضغط الداخلى المضاد لاتجاه الضغط الخارجى (من طبقات الصخور السفلية).

وكرد فعل لهذا الاختلال فى الإتزان فإن الضغط الداخلى سوف يعمل على إعادة الطبقات السفلية - التى تقلص حجمها - إلى حجمها الأصلى الذى كانت عليه قبل زيادة الحمل مما يؤدى إلى تكوين مجموعة من الشقوق والفواصل موازية للسطح الخارجي للطبقات الصخرية مما يؤدى إلى عملية التقشر ويختلف سمك هذه القشور أو الصفائح Sheets من عدة سنتيمترات قرب السطح إلى عدة أمتار في الأعماق.

4- سقوط الامطار Rainfall: تعمل الامطار عند سقوطها بسرعات معينة علي الصخور علي تفكيكها وتفتيتها ويتضح ذلك في سقوط الامطار علي الجبال مسببة لتفكيك صخورها ومكونة لدلتا الانهار.

5- التصادم Impaction: نتيجة لتصادم الصخور مع بعضها البعض فانها تتفكك وتتفتت الي ممكونات مفتتة.

(ب) التجوية الكيميائية Chemical Weathering:

ومهمتها الأساسية التغيير الكيميائى للمحتوى المعدنى لصخور ولا سيما المعادن القابلة للتغيير والتجوية الكيميائية أنشط ما تكون فى المناطق الرطبة الدافئة ومن أهم عوامل التجوية الكيميائية:

1- الذوبان Dissolution:

على الرغم من قلة المعادن القابلة للذوبان فى الماء إلا أن تأثير الذوبان يكون ذا أهمية خاصة فى المناطق التى تحوى رواسب وصخورا ملحية (مثل الملح الصخرى Rock Salt). غير أن الماء تزداد فاعليته وتأثيره على الصخور إذا اتحد بغاز ثانى أكسيد الكربون مكونا حمض الكربونيك الذى يؤثر على الصخور الجيرية التى تتكون أساسا من معدن الكالسيت (لاتذوب فى الماء) إلى بيكربونات

كالسيوم $Ca(HCO_3)_2$ (تذوب فى الماء) ومعنى هذا انتقال المادة الصخرية إلى محلول مائى تاركه مكأنها فراغات وفجوات وقد تكون باستمرار عملية الذوبان مجارى وذوبان وكهوف ومغارات.

2- التميؤ Hydrolysis:

وهى عملية من شأنها اتحاد الماء مع بعض المعادن التى تتكون منها الصخور وينتج عنها ظهور معادن جديدة ذات صفات وخصائص جديدة تماما.ومن أشهر الأمثلة الدالة على التميؤ معادن الفلسبار التى ينتج عن اتحادها بالماء تكون معادن طينية Clay Minerals، وبطبيعة الحالة فإن عملية التميؤ التى تحدث للمعادن تكون أنشط ما يكون فى المناطق الرطبة والاستوائية حيث يقوم الماء بالدور الأساسى فيها.

3- الأكسدة Oxidation:

وهى عملية من شأنها تحويل بعض المعادن إلى معادن أخرى عن طريق اتحاد الأكسجين مع بعض العناصر السريعة الاتحاد به مثل عنصر الحديد وذلك فى وجود الماء كعامل مساعدة مما يؤدي إلى تغير لون المعدن المؤكسد إلى اللون البني والأحمر.. مثل تأكسد معدن البيريت إلى الليمونيت. وعلى هذا الأساس فإن مركبات الحديدوز فى معظم الصخور النارية تتحول إلى مركبات حديديك حيث تتكسر جزئيات السيليكات المعقدة.

ويعمل الماء والرطوبة العالية في الجو على تسريع عملية الأكسدة على سطح الأرض، ومن الأمثلة على ذلك أكسدة معدن الألوفين وتحوله إلى هيماتايت.

4- التكربن Carbonation:

من المعروف أن غاز ثانى أكسيد الكربون قابل للإتحاد بالماء حيث يكونان معا حمضا ضعيفا هو حمض الكربونيك.

ويتفاعل حمض الكربونيك بدوره مع الصخور الجيرية مكونـــا بيكربونـــات الكالسيوم وهى مادة ذائبة. حيث ينشأ عن هذا التكون ظهور الفجـــوات والكهـــوف والمغارات فى الصخور الجيرية.

(ج) التجوية البيولوجية

العوامل البيولوجية كالكائنات الحية مثل النبات والحيوان والإنسان تعمل علي تفكيك الصخور وتحويلها الي رسوبيات مفتتة. وفيما يلى تفصيل لتأثير كل منهما:

أ) النبات:

عندما يمد النبات جذوره فى التربة او الشقوق والفواصل الصـــخرية فأنـــه الحقيقة يزيد من اتساع تلك الشقوق والفواصل كما أن نمو الجذور يؤدى إلى نشوء قوى ضغط شديدة على الصخور فتعمل على تحطيمها.

ب) الحيوان:

إن الكثير من الحيوانات التى تتخذ من أديم الأرض ماوى لها تساهم إلى حد كبير فى عمليات التجوية الميكانيكية. فالحيوانات الحافرة Burrowing مثل ديدان الأرض والحيوانات القارضة Rodents كالأرانب والفئران وكذلك النمل الأبـــيض Termites تعمل على تفتيت المواد الصخرية وجعلها حطاما وفتاتا من السهل بعد ذلك نقلها بفعل عوامل المختلفة.

ج) الإنسان:

إن النشاط الإنسانى قد ساهم إلى حد كبير فى التجوية الميكانيكية فبناء المدن والمجتمعات السكانية وما يتبعها من شق الطرق قد أدى إلى إزالة ما يعترضه مـــن تلال. كما أن أعمال المناجم والمحاجر وحفر الانفاق قد أدى بالتبعية إلـــى إزالـــة الغطاء الصخرى فى سبيل الوصول إلى مواضع الطبقات الحاملة للخدمات.

ولاشك أيضا أن اقتطاعه أحجار البناء قد أدى إلى تعريض أجزاء جديدة من الصخور لتأثير التجوية بشقيها الميكانيكى والكيميائى.

ولا يجب أن نغفل أثر النشاط البشرى فى تبديد الموارد الطبيعية كالترب والتحكم فى الجريان الطبيعى للأنهار بإقامته السدود الذى ينتج عنها بالتالى إختلاف معدل النحت والترسيب على طول أجزاء المجرى النهرى.

كما أن الكثير من الغازات التي تصدر عن وسائل النقل والصناعة وغيرها من النشاطات البشرية الأخرى- مثل أكاسيد الكربون وأكاسيد الكبريت تتحد مع الهواء الجوي لتسقط مع الأمطار، بحيث تعرف بالأمطار الحمضية والتي أثرت على نوعية مياه الأنهار والبحيرات مما أدى إلى موت الكثير من الكائنات الحية النباتية والحيوانية في تلك المناطق، كما أثرت تلك الأمطار الحمضية على أشجار الغابات وكذلك على المباني والمعالم الأثرية المختلفة فعملت على تجويتها وطمس معالمها.

2-7. مفهوم تلوث التربة

تلوث التربة الزراعية يعرف بأنه الفساد الذى يصيب التربة الزراعية فيغيرمن صفاتها وخواصها الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية بشكل يجعلها تؤثر سلباً بصورة مباشرة أو غير مباشرة على من يعيش فوق سطحها من انسان وحيوان ونبات.

تعتمد التربة الصحية على البكتيريا والفطريات والحيوانات الصغيرة لتحليل المخلفات التي تحتويها، وإنتاج المغذيات. وتساعد هذه المغذيات في نمو النباتات. وقد تحد الأسمدة والمبيدات من قدرة الكائنات العضوية التي في التربة على معالجة المخلفات. وبناء عليه، فإن في مقدور المزارعين الذين يفرطون في استخدام الأسمدة والمبيدات أن يعملوا على تدمير إنتاجية التربة

وتلوث التربة يسبب تدمير طبقة التربة الرقيقة الصحية المنتجة، حيث ينمو معظم غذائنا. ولولا التربة الخصيبة لما استطاع المزارعون إنتاج الغذاء الكافي لدعم سكان العالم.

- يتوقف التلوث بالتربة الزراعية على:

- نوع التلوث،
- صفات الأرض،
- الظروف المناخية والعوامل الطبيعية.

وقد يحدث التلوث بصورة فورية مثل الزلازل والبراكين أو بصورة تدريجية مثل استخدام المبيدات والأسمدة المعدنية وإعادة استخدام المياه العادمة في ري الأراضى.

- الملوثات التى تختلط بالتربة الزراعية تفقدها خصوبتها حيث تسبب قتل البكتريا المسئولة عن تحليل المواد العضوية الموجودة بالتربة وتثبيت عنصر النتروجين بها. بل قد تحتوى التربة على مكونات بيولوجية قد تكون مسببات أمراض من كائنات دقيقة بكترية وفطرية وبروتوزوية وفيروسية .
- وقد تحتوى التربة على مصادر العدوى بديدان الأمعاء من بيض ويرقات والتى قد تصل إلى التربة مباشرة عن طريق الإنسان أو عن طريق مياه الرى الملوثة بمياه الصرف الصحي وبعض تلك الديدان تسبب أمراض خطيرة مثل الأنيميا وأمراض الكبد والكلى والأمعاء . ومن ثم فان المحافظة على التربة من التلوث والتدهور ضرورة حتميه من ضروريات العصر لارتباطها بصحة ووجود الإنسان.
- ويعتبر الوعى البيئى هو أهم الطرق للحفاظ على التربة من التلوث ويتحقق ذلك عن طريق رفع المستوى التعليمى والثقافى وتعليم الافراد كيفية التعامل مع التربة بحيث يصبح جزء من سلوك الفرد حيث ان المحافظة على التربة من التلوث هى مسئولية جماعية تتطلب الاقتناع التام بمسئولية الافراد تجاه التربة بحيث يصبح الحفاظ عليها أمرا واقعيا.

2-8. مصادر تلوث التربة

تستقبل التربة كميات هائلة من الملوثات والنفايات سنويا، ويمكن تصنيف الملوثات حسب منشأها الي ملوثات طبيعية وملوثات بشرية أو حسب طبيعتها الي ملوثات حيوية وملوثات كيميائية.

وتختلف مصادر تلوث التربة حيث يمكن تقسيمها الى:

- مصدر مباشر
- مصدر غير مباشر

أ- مصدر التلوث المباشر

يقصد به مصدر محدد ومعلوم يمكن قياس كمية الملوثات الصادرة منه مثل انابيب الصرف الصناعى والصرف الصحي.

ب- مصدر التلوث الغير مباشر:

هى المصادر التى من الصعب قياس كمية الملوثات الناتجة عنها وذلك لانتشارها على مساحات كبيرة.. مثل التلوث الناجم من الاسمدة الكيماوية والمبيدات التى تحملها المياه السطحية إلى الاراضى الزراعية. وتلوث الهواء الجوى الناتج من عوادم السيارات والمصانع - وتعتمد حركة الملوثات فى التربة على الخواص الكيميائية والفيزيائية للتربة ويتوقف معدل انتقال الملوثات على خواص التربة الفيزيائية وبالتحديد التوزيع الحجمى للحبيبات والكثافة الظاهرية ولأنهما يؤثران على حركة الماء والهواء خلال التربة. رقم pH يؤدى الى ترسب العناصر الثقيلة. فالزرنيخ والسلينيوم يكونا اكثر حركة فى الظروف القاعدية بينما الرصاص والزنك والكادميوم فى الظروف الحامضية. وتصبح العناصر اقل حركة فى الاراضى الخفيفة عنه فى الاراضى الطينية.

ملوثات التربة طبقا للتركيب الكيميائي:

يمكن تقسيم الملوثات التي تتلوث بها التربة تبعا للتركيب الكيميائى لها الي:

- ملوثات عضوية
- ملوثات غير عضوية

أ- اولاً: الملوثات العضوية

وتشمل الملوثات العضوية العديد من المواد والمركبات الكيميائية العضوية منها:

1- الهيدروكربونات الحلقية العطرية Polycyclic aromatic hydrocarbons

ومصادرها تتمثل في:

- احتراق الفحم والبترول والخشب
- اسفلت
- قطران الفحم
- نبعاث عوادم السيارات
- الشحوم

2- المواد الاروماتية النتروجينية ومصادرها:

- القنابل
- المبيدات الحشرية
- المبيدات البكتيرية

3- الفينولات والانيلينات ومصدرها:

- مياه صرف النسيج والصباغة
- المبيدات الحشرية
- المبيدات البكتيرية
- مواد الصباغة
- مبيدات الحشائش

4- الهالوجينات الاروماتية ومصادرها:

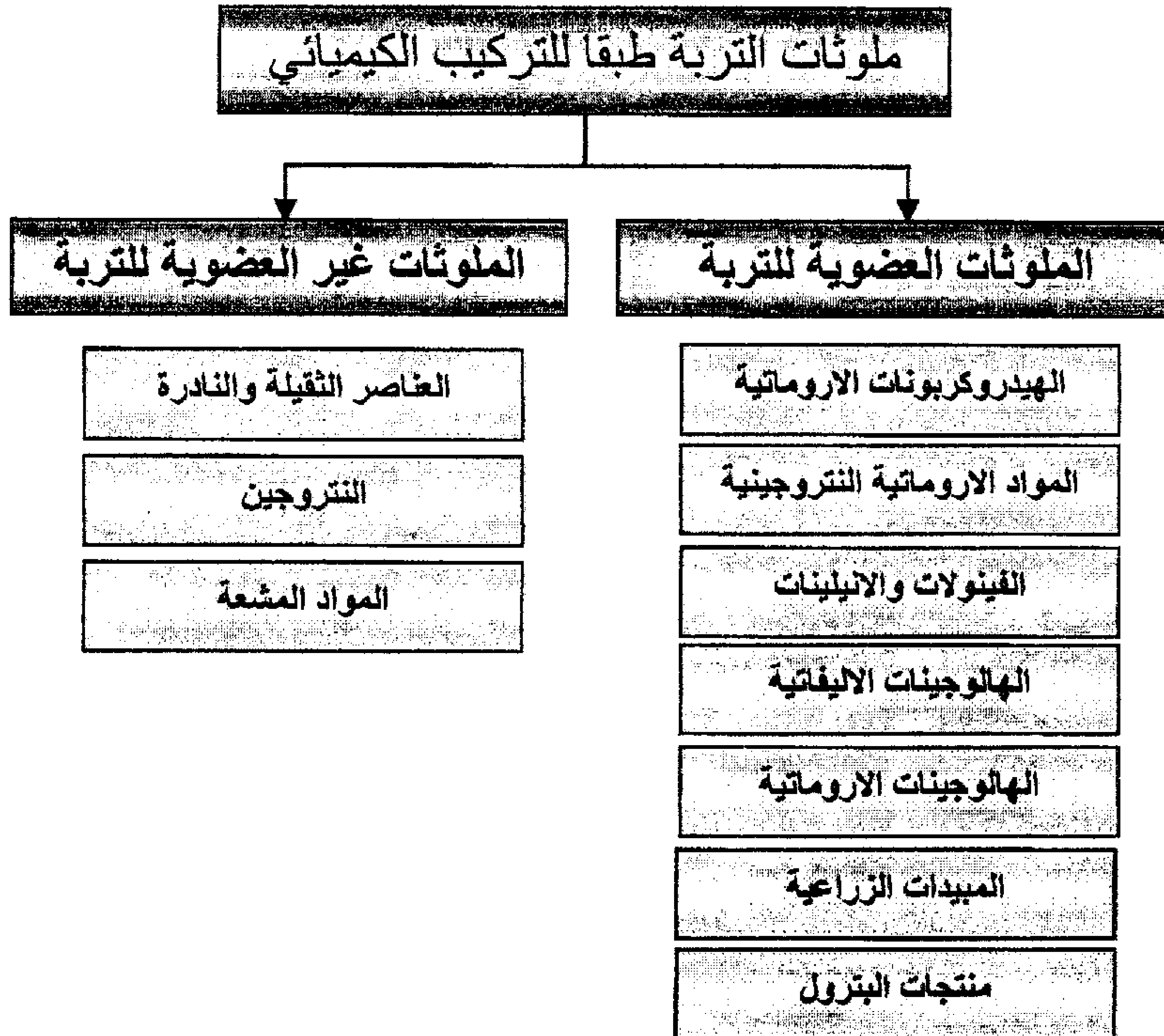
- حرق المخلفات الطبية والمخلفات الصلبة الخطرة
- احتراق البترول والفحم والاطارات
- مناجم الرصاص
- مبيدات الحشائش

5- الهالوجينات الاليفاتية ومصدرها صناعة البلاستيك.

6- المبيدات ومصدرها صناعة المبيدات والعمليات الزراعية.

7- منتجات البترول ومصادرها

- صناعة البترول والبتروكيماويات
- السيارات ووسائل النقل
- حرق الوقود في المنشأت الصناعية



ب- ثانياً الملوثات الغير عضوية وأهمها:

- العناصر الثقيلة والنادرة
- النتروجين
- المواد المشعة

1- العناصر الثقيلة والنادرة ومصادرها في التربة تنقسم الي:

- مصادر طبيعية.
- مصادر ناتجة عن النشاط الإنساني

أ- المصادر الطبيعية

حيث التربة خليط من معادن نتجت من ملوثات التجوية الفيزيائية والكيميائية والحيوية لصخور القشرة الارضية مكونة مادة الاصل ومن ثم فإنها تتواجد طبيعيا فى التربة لانها جزء من مكوناتها.

ب- المصادر الناتجة عن النشاط الإنسانى وتشمل:

1. استخراج المعادن من المناجم. ومايننتج عنها من مخلفات تصبح مصدر للتلوث فى الاراضى المحيطة.
2. مخلفات الصرف الصحى والصناعى. ان جميع انواع الحمأه تحتوى على تركيزات عالية من العناصر السامة الا ان الحمأه الناتجة من الصرف الصناعى تحتوى على ملوثات غير عضوية بتركيزات اعلى بكثير من الحمأه الناتجة من الصرف الصحى. وتعتبر عناصرCd ،Cu،Ni، Zn من اهم العناصر التى تسبب مشاكل فى الانتاج الزراعى عند اضافة الحمأه الى التربة.
3. التخلص من المخلفات الصلبة والسامة.. مخلفات المنازل والمصانع والمستشفيات يمكن ان تؤدى الى تلوث التربة بالعناصر الصغرى والثقيلة فالتخلص منها سواء بإلقائها أو دفنها فى التربة يؤدى الى تلوث التربة وانتقالها الى المياه الجوفية.

4. احتراق الوقود (فحم – بترول).. ينتج عنه عدد كبير من العناصر الثقيلة والصغرى تشمل : Mn ،Cu ،Ba ،Se ،Sb ،As ،Zn ،Cr ،Cd ،Pb ،V ،U والتى تترسب على الاراضى المحيطة كما ان احتراق البترول الذى يحتوى على اضافات من الرصاص يعتبر من اهم مصادر تلوث التربة.

5. الصناعات التعدينية وذلك بعدة طرق منها:

- انبعاث الايروسولات والغبار المحتوى على هذه العناصر ويترسب على التربة والنبات.
- المخلفات السائلة.

وتستخدم العديد من العناصر فى صناعة السبائك والصلب والتى ينتج منها مخلفات تؤدى الى تلوث التربة.

6. المواد والكيماويات المستخدمة فى الزراعة بالممارسات الزراعية الغير رشيدة . والمصادر الرئيسية لهذه الممارسات تشمل:

- الشوائب والعناصر الثقيلة السامة الموجودة فى الاسمدة الكيماوية.
- اسمدة طبيعية من مخلفات المجازر والخنازير والدواجن والتى تحتوى على تركيزات عالية من الزنك والنحاس وتسبب سمية النبات.
- المبيدات الكيماوية.
- الاسمدة الطبيعية المصنعة من المخلفات.

7. الحروب والتدريبات العسكرية.. تتلوث الاراضى التى حدثت بها المواقع الحربية بعنصر الرصاص الناتج من الذخيرة وعنصرى النحاس والزنك الناتجين من فوارغ الذخيرة وايضا بالعديد من الملوثات العضوية الناتجة من زيوت المدرعات والشحوم.

2- النتروجين:

المصدر الرئيسى للنيتروجين فى التربة هو الأسمدة النيتروجينية وتشمل اسمدة النترات واليوريا واسمدة الامونيوم والاسمدة المخلوطة.

- النتروجين الموجود فى التربة معظمه فى صورة عضوية وبالتالى يكون غير صالح للنبات ولذلك تحدث عمليات بيولوجية فى التربة يتم فيها تحويل النتروجين من صورة عضوية الى صورة غير عضوية (NH_4-N) ، (NO_3-N) صالحة للامتصاص بواسطة النبات أو يفقد بالتطاير أو الغسيل أو يتحول الى مكونات عضوية فى أجسام ميكروبات التربة.
- ونتيجة الاستخدام المتزايد للأسمدة النيتروجينية يؤدى فقد جزء كبير منها عن طريق الغسيل والنترات المفقودة من التربة عن طريق الغسيل سوف تؤدى إلى تلوث المياه الجوفية ومياه الصرف الزراعى.

وتتوقف كمية النترات المغسولة من قطاع التربة على عدة عوامل أهمها:

- ◊ كمية المياه المتخللة التربة.
- ◊ كمية النترات فى التربة.
- ◊ نوع التربة.
- ◊ نظام الزراعة.

- ويكون الفقد أكبر مايمكن فى الأراضى الرملية وقليلً فى الأراضى المزروعة الأعلاف (حشائش) وكبيراً عند زراعة محاصيل ذات نمو قصير. وعموماً توجد علاقة قوية بين كمية النترات القابلة للغسيل فى التربة ونظم إضافتها لسماد.

3- النظائر المشعة:

تشمل مصادر النظائر المشعة المصنعة اختبارات الأسلحة النووية السائلة للمفاعلات النووية ومحطات الطاقة - حوادث نقل الوقود الذرى والمخلفات السائلة للمفاعلات النووية.

- تلوث التربة بالنظائر المشعة عند اجراء أول اختبار نووى عـام 1950 حيث تسربت كميات هائلة من السيزيوم 137 والاسترانشيوم 90 الى البيئة وما يتبع ذلك من دخول السيزيوم 137 فى السلسلة الغذائية.
- العنصر المشع الاسترانشيوم 90 له فترة نصف عمر 28 سنة ويتسرب الى البيئة ويلوثها نتيجة لاختبارات الاسلحة النووية ولحوادث محطات الطاقة النووية ولذلك يلقى تلوث التربة بالسترنشيوم كثير من الاهتمام لان سلوكه يشابه سلوك الكالسيوم فى السلسلة الغذائية وبالتالى يمكن أن يترسب فى العظام نتيجة لوجوده فى منتجات الالبان والاغذية الاخرى.
- التخلص من النفايات النووية الناتجة من مصانع الاسلحة النووية ومحطات الطاقة النووية بالقائها فى التربة أدى الى تلوث التربة بالنظائر المشعة الناتجة من تحلل اليورانيوم والبلوتونيوم مثل Pu239 ، 241 Am حيث يمكن أن تدمص هذه النظائر المشعة على سطوح حبيبات التربة وترتبط بالمادة العضوية فى التربة.
- تسرب الاشعاعات النووية من المفاعل النووى فى تشرنوبيل عام 1986 أدت إلى تلوث المناطق الزراعية فى روسيا وأوكرانيا. وتعدى التركيز الاشعاعى فى هذه الاراضى الحد المسموح به عالميا وادى الى خروج هذه الاراضى من الانتاج الزراعى كله.

2-8-1. التلوث الطبيعي للتربة

وهو التلوث الذي لا يتدخل الإنسان في احداثه، مثل الغازات والأبخرة التي تتصاعد من البراكين وقد تصل الي التربة أو تأثير الانفجارات الشمسية علي اضطرابات الطقس، أو احتراق الغابات بشكل طبيعي جراء ارتفاع الحرارة، أو انتشار حبوب اللقاح في الجو، أو الفيضانات الشديدة الجارفة، أو انتشار الاوبئة الميكروبية وبالنسبة للتربة فان اهم مظاهر التلوث الطبيعي لها تتمثل في الإنجراف والتصحر.

الإنجراف:

وهو عبارة عن ظاهرة طبيعية تتمثل في تفتيت وتأكل التربة ونقلها بفعل العوامل المناخية واهمها الرياح والمياه. ويمكن تقسيمه الي انجراف مائي وانجراف ريحي. وتعد هذه الظاهرة من اخطر العوامل التي تهدد الحياة النباتية والحيوانية. وتكمن خطورته في سرعة حدوثه حيث يتم ذلك خلال عاصفة مطرية او هوائية واحدة فيما نجد ان تكون التربة يتم بسرعة بطيئة جدا. وكذلك تزيد كمية العناصر المفقودة من التربة بسبب الإنجراف الريحي والمائي اضعاف كثيرة عن الكميات التي تزال بفعل المحاصيل المزروعة او بصفة طبيعية وتقدر الاراضي الزراعية التي خربت في العالم خلال المائة سنة الاخيرة بحوالي 23% من اجمالي الاراضي المزروعة. وللانسان دور في زيادة انجراف التربة يتمثل في:

1- تخريب وازالة الغطاء النباتي الطبيعي من غابات وحشائش.
2- حرث التربة في اوقات غير ملائمة مثل الفترات الجافة من العام.
3- حرث التربة المائل مما يزيد من الإنجراف المائي لجزيئات التربة.
4- الرعي الجائر وخاصة في الفترات الجافة، مما يقلل الغطاء النباتي للتربة ويفكك التربة السطحية.

الأضرار الناجمة عن انجراف التربة:

يمكن تلخيص اهم الاضرار الناجمة عن انجراف التربة فيما يلي:

أ. تدني خصوبة التربة:

ينتج انجراف الطبقة السطحية من التربة، سواء من طريق المياه الجارية، أوالتذرية بالرياح، فقدان كميات كبيرة من العناصر الغذائية للنبات، لأن الطبقة السطحية التي يتم انجرافها هي أغنى طبقات التربة بالمواد الغذائية. ويُعد النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم من أهم العناصر الغذائية للنبات التي يتم فقدأنها من طريق انجراف الطبقة السطحية للتربة.

ب. فقدان كمية أكبر من الأمطار:

يؤدي فقدان الطبقة السطحية من التربة بواسطة الإنجراف إلى ظهور طبقة على السطح أقل مسامية ونفاذية لمياه الأمطار، ما يجعل جزء كبير من مياه الأمطاريفقد على شكل جريان سطحي، بدلاً من الرشح داخل التربة. وحيث إن النباتات لا تستطيع الأستفادة إلا من الماء الذي رشح داخل التربة، واختزن على شكل رطوبة في مساحات التربة، فأنه كلما ازدادت نسبة الجريان السطحي من الأمطار، فقدت كمية أكبر من الأمطار، كان من الممكن الأستفادة منها في الزراعة.

ج. زيادة وعورة الأراضي الزراعية:

مع انجراف التربة بالمياه الجارية، تتكون أخاديد عميقة، في الأماكن، التي يتركز فيها الجريان المائي؛ ما يجعل سطح التربة وعراً أمام الآلات الزراعية المستخدمة في الحرث ورش المبيدات والحصاد، وأحياناً الري.

د. ردم قنوات الري والصرف وخزانات المياه:

تترسب الترب المنجرفة بواسطة المياه الجارية والرياح في قنوات الصرف والخزانات المائية،ما يزيد من كلفة صيانتها، وضعف كفاءتها. وقد قدرت تكلفة صيانة قنوات الري والخزانات المائية من رواسب الترب المنجرفة في الولايات المتحدة الأمريكية بنحو 15 بليون دولار.

هـ. ردم الأراضي الزراعية والمنشآت:

تتعرض المناطق المزروعة والمنشآت للدفن بالمواد المنقولة، خاصة الرمال الزاحفة في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية. إذ قد تفقد واحات وقرى بأكملها تحت الرمال الزاحفة، كما هو الحال والصحراء الكبرى والمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية. كما أن صيانة الطرق البرية من طمر الرمال الزاحفة يشكل عبئاً مالياً كبيراً، في الكثير من المناطق الصحراوية. لذلك تلجأ

العديد من الدول بوضع الحواجز الشجرية او الإسفلتية على جوانب الطرق لتقليل كميات الرمال الزاحفة التي تصل إلى الطريق المعبد.

و. تلوث المياه السطحية:

عندما تكون التربة الزراعية محتوية على نسب عالية من الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية، فإن انجراف التربة مع المياه الجارية يؤدي إلى تلوث مياه الأنهار والبحيرات بهذه المواد.

ز. تلوث الهواء:

يؤدي انجراف التربة بواسطة الرياح إلى تلوث الهواء من خلال:

- تعلق الأتربة الدقيقة في الهواء على شكل غبار؛ ما يؤدي إلى تدني الرؤية، ومشاكل صحية من أهمها الربو.
- عند هبوب الرياح القوية فان الجسيمات الناتجة عن انجراف التربة تحملها الرياح مكونة بما يعرف الرياح المتربة.

ح. اختلال الاتزان الحيوي في الأنهار والبحيرات:

عندما تتجرف التربة مع المياه السطحية فإن مياه الأنهار والبحيرات تصبح عكرة؛ ما ينتج عنه تدني نفاذ أشعة الشمس داخل المياه السطحية وبالتالي صعوبة الحصول علي الضوء من قبل النباتات المائية التي تعتمد علي الضوء في الحصول علي الطاقة وتكوين غذائها.

2-8-2. الملوثات البشرية

الملوثات البشرية هي الملوثات الناتجة عن الأنشطة الإنسانية الصناعية والزراعية للانسان، وهي تعد اخطر من الملوثات الطبيعية من حيث التأثيرات البيئية والصحية، وتتمثل مصادر التلوث الإنساني للتربة في الاتي:

◊ الملوثات الناتجة عن عمليات التعدين واستخراج الخامات الطبيعية.

◊ الملوثات الناتجة عن صرف المخلفات السائلة البلدية والصناعية.

◊ الملوثات الناتجة عن التخلص من المخلفات الصلبة والسامة.
◊ الملوثات الناتجة عن احتراق الوقود.
◊ الملوثات الصلبة والسائلة الناتجة عن الصناعات التعدينية.
◊ الملوثات الناتجة عن المواد والكيماويات المستخدمة فى الزراعة.
◊ الملوثات الناتجة عن الأنشطة العسكرية.
◊ الملوثات نتيجة للنشاط الاشعاعي.

1) الملوثات الناتجة عن عمليات التعدين واستخراج الخامات الطبيعية:

ينتج عن عمليات التعدين واستخراج الخامات الطبيعية العديد من الملوثات التي تصل الي التربة مسببة ضررا شديدا لها، مثل عمليات استخراج الفحم والبترول وخامات المعادن المختلفة كالحديد والنحاس والفوسفات والامونيوم.

2) الملوثات الناتجة عن صرف المخلفات السائلة البلدية والصناعية:

المخلفات السائلة الصناعية والمخلفات البلدية (المنزلية) والتي تعرف بمياه الصرف الصحي تشكل مصدرا خطيرا من مصادر التلوث للتربة وذلك في حالة التخلص منها بدون معالجة جيدة لها، كما ان جميع انواع الحمأه تحتوى على تركيزات عالية من العناصر السامة الا ان الحمأه الناتجة من الصرف الصناعى تحتوى على ملوثات غير عضوية بتركيزات اعلى بكثير من الحمأه الناتجة من الصرف الصحى. وتعتبر عناصر Cd ،Cu ،Ni ،Zn من اهم العناصر التى تسبب مشاكل فى الانتاج الزراعى عند اضافة الحمأه الى التربة.

3) الملوثات الناتجة عن التخلص من المخلفات الصلبة والسامة:

المخلفات الصلبة الصناعية والمخلفات البلدية تشكل مصدرا خطيرا من مصادر التلوث للتربة وذلك في حالة التخلص غير الامن منها، فكل من مخلفات المنازل (كالقمامة) ومخلفات المستشفيات والمراكز العلاجية ومخلفات المصانع تحتوي علي كثير الملوثات السامة والمواد الخطرة يمكن ان تؤدى الى تلوث التربة

بالعناصر الصغرى والثقيلة فالتخلص منها سواء بإلقائها أو دفنها فى التربة يؤدى الى تلوث التربة وانتقالها الى المياه الجوفية.

4) الملوثات الناتجة عن احتراق الوقود:

عمليات احتراق الوقود الحفري (فحم – بترول). ينتج عنه عدد كبير من العناصر الثقيلة والصغرى تشمل:

Mn،Cu،Ba،Se،Sb،As،Zn،Cr،Cd،Pb،V، U والتى تترسب على الاراضى المحيطة كما ان احتراق البترول الذى يحتوى على اضافات من الرصاص يعتبر من اهم مصادر تلوث التربة. كما تسبب الاكاسيد النتروجينية والكبريتية الناتجة من احتراق البترول والفحم الي تكون المطر الحمضي الذي يسقط علي التربة مسببا تلوثا شديدا لها وضررا لكافة اشكال الحياه عليها.

5) الملوثات الصلبة والسائلة الناتجة عن الصناعات التعدينية:

الصناعات التعدينية ينتج عنها العديد من الملوثات والتي يمكن ان تصيب التربة بعدة طرق منها:

- انبعاث الايروسولات والغبار والاتربة المحتوية على هذه الملوثات وترسبها على التربة والنبات.
- تولد المخلفات السائلة نتيجة لعمليات التشطيب للسبائك المعدنية والتي يستخدم فيها الماء بكميات كبيرة مما ينتج عنه كثير من الملوثات المصاحبة لمياه المخلفات السائلة والتي قد تجد طريقها للتربة مسببة تلوثها وذلك في حالة عدم التخلص الامن منها.

6) الملوثات الناتجة عن المواد والكيماويات المستخدمة فى الزراعة:

تستهلك العمليات الزراعية العديد من الكيماويات والمواد في التسميد والتخصيب الزراعي ومكافحة الافات، وعند الممارسات الزراعية الغير رشيدة مثل الاسراف في استخدام تلك الكيماويات ينتج تلوث التربة الزراعية بالعديد من

الملوثات الموجودة في تلك الكيماويات والتي من امثلتها:

- الشوائب والعناصر الثقيلة السامة الموجودة فى الاسمدة الكيماوية.
- اسمدة طبيعية من مخلفات المجازر والخنازير والدواجن والتى تحتوى على تركيزات عالية من الزنك والنحاس وتسبب سمية النبات.
- المبيدات الكيماوية.
- الاسمدة الطبيعية المصنعة من المخلفات.

7) الملوثات الناتجة عن الأنشطة العسكرية.

تنتج عن الأنشطة العسكرية والحربية للانسان العديد من الملوثات الخطيرة التي تصيب التربة بالتلوث ومن اهم مظاهرها:

- تلوث الاراضى التى حدثت بها المواقع الحربية بعنصر الرصاص الناتج من الذخيرة وعنصرى النحاس والزنك الناتجين من فوارغ الذخيرة.
- تلوث الاراضي بالعديد من القطع تلوث الاراضي بالعديد منالعسكرية المدمرة خلال العمليات الحربية.
- تلوث الاراضي بالعديد من الملوثات العضوية الناتجة من زيوت المدرعات والشحوم.
- تلوث الاراضي بالالغام الارضية التي تتركها الحروب في الاراضي لسنوات طويلة مسببة خطورة كبيرة علي المتعاملين علي هذه الاراضي وضررا اقتصاديا كبيرا لعدم التمكن من استغلال هذه الارضي اقتصاديا لوجود الالغام بها.

8) الملوثات نتيجة للنشاط الاشعاعي.

تنتج عن الأنشطة الاشعاعية في المفاعلات البحثية والصناعية المولدة للطاقة العديد من الملوثات ذات الطبيعة الاشعاعية النشطة مثل النظائر المشعة،تشمل مصادر النظائر المشعة المصنعة اختبارات الأسلحة النووية السائلة للمفاعلات

النووية ومحطات الطاقة – حوادث نقل الوقود الذرى والمخلفات السائلة للمفاعلات النووية.

أ- تلوث التربة بالاسمدة الكيماوية كاحد الامثلة الهامة للتلوث الإنساني:

تزايد الطلب علي الغذاء في جميع انحاء العالم نتيجة الزيادة السكانية الهائلة، مما دفع المزارعين الي استخدام انواع مختلفة من المخصبات الزراعية (مثل الأسمدة الفوسفاتية والأسمدة الازوتية وغيرها) لزيادة خصوبة التربة المتاحة لهم وزيادة انتاجها من المحاصيل المختلفة والتي يعتمد عليها الإنسان في حياته، وعند استخدام تلك المخصبات الزراعية بطريقة غير محسوبة فان جزء كبير منها قد يتبقي في التربة مسببا تلوثا لها، وهذا الجزء المتبقي يكون زائدا عن حاجة النبات وهو يعد اسرافا ليس له مبرر من الناحية الاقتصادية.

والتربة الملوثة ببقايا المخصبات الزراعية تسبب كثيرا من الاضرار للبيئة المحيطة بهذه التربة. ويتم تقسيم الأسمدة طبقاً للتركيبة الكيميائية إلى ثلاث مجموعات رئيسية كما يلى:

- الأسمدة الفوسفاتية وتحتوى على الفوسفور كعنصر أساسى يعبر عنها بالرمز $P_2O_5\%$.
- الأسمدة النيتروجينية (الآزوتية) وتحتوى على النيتروجين كعنصر أساسى ويعبر عنها بـ $N_2\%$.
- الأسمدة البوتاسيومية وتحتوى على البوتاسيوم كعنصر أساسى ويعبر عنها بـ K_2O.

وبالإضافة إلى الأسمدة الأحادية التى تحتوى على مغذٍ وحيد (النيتروجين أو الفسفور أو البوتاسيوم، هناك أسمدة مركبة تحتوى على اثنين أو ثلاثة من المغذيات النباتية الرئيسية (النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم). وتتوافر أنواع كثيرة جداً من الأسمدة المركبة طبقاً لمحتوياتها من المغذيات. ويتم كذلك إنتاج الأسمدة السائلة فى

جميع أنحاء العالم بما فى ذلك مئات الأشكال التى تحوى مغذٍ او أكثر مــع نسـبة ضئيلة من عناصر أخرى.

وتؤدي الزيادة في كميات الاسمدة وخاصة الاسمدة النتروجينية الي اضــرار عديدة نتيجة لتسرب النترات الي المياه الجوفية والسطحية ومن هذه الاضرار:

- اضطراب في وظائف المزروعات حال انتقال الكميات الزائـدة اليهـا مـن النترات مما يقلل من انتاجها.
- تسمم الحيوانات التي تتغذي علي تلك النباتات المحتوية علي كميات زائدة من المواد النتروجينية.
- حفظ النباتات في الصوامع قد يؤدي الي تصاعد غاز ثاني أكسيد النتـروجين نتيجة لتخمرها وهذا الغاز له اضرار علي الإنسان.
- تزايد اعداد البكتريا الضارة في التربة نتيجة لزيادة المحتوي النتروجيني بهـا والتي بدورها تعمل علي زيادة تثبيت النترات بتحويـل المـواد النتروجينيـة بالاسمدة الي نترات مما يزيد التلوث بالنترات.

ونتوقف النسبة التي تتراكم بها النترات في التربة علي عدة عوامل هي:

1. نوع التربة الزراعية.
2. نوع النباتات التي تزرع بهذه التربة.
3. طرق ري وصرف المياه المتبعة لزراعة هذه التربة.

لقد وصل تركيز مركبات النترات في بعض المسطحات المائية، في المناطق الزراعية، التي تستعمل فيها المخصبات بكثافة، إلى مستويات تنـذر بـالخطر، إذ فقدت بعض هذه المسطحات المائية صلاحيتها كمصدر لمـاء الشـرب، والـبعض الآخر مهدد بظاهرة اضطراد النمو البيولوجي. وتكمن الخطورة الحقيقة لمركبات النترات، في أن جزء منها يتحول من طريق الاختزال إلى أيون النيتريـت، الـذي يسبب أضراراً بصحة الإنسان. فقد أكدت الدراسات أن أيون النتريت يؤثر مباشرة

في الدم، فيغير من طبيعته إلى حد ما، ويمنعه من القيام بوظيفته الرئيسية الخاصة بنقل الأكسجين من الرئتين إلى جميع خلايا الجسم. فيعتقد أن أيون النيتريت يعطل عمل بعض الأنزيمات التي تختزل الحديد، في هيموجلوبين الدم، من حالته ثلاثية التكافؤ Fe3+ إلى حالته ثنائية التكافؤ Fe2+ وعندها يفقد الهيموجلوبين قدرته على نقل الأكسجين، ما يحدث التسمم. ويرى بعض العلماء أن تلوث مياه الشرب بالنترات يؤدي إلى بعض الأعراض المرضية الأخرى، مثل ارتفاع ضغط الدم، وظهور بعض الأنواع من الحساسية. كما أن هناك اعتقاد بين العلماء، أن أيون النتريت، يتحد مع بعض المواد الموجودة في أجسام الكائنات الحية، ويعطي مركبات النتروزامين Nitrosamines، التي تسبب حدوث اورام في المريء والمعدة، والبنكرياس، وبصفة خاصة في الكبد والرئتين، كما يعتقد أن هذه المركبات ضمن الأسباب المؤدية إلى بعض الاورام الخبيثة.

نظرا لأن الكائنات الدقيقة، ومنها الفطريات مسئولة عن خصوبة التربة، فإن الأسمدة تؤثر فيها ؛ وعليه يحدث خلل فيزيولوجي للفطريات، مما يسهم في إفرازها لسموم الأفلاتوكسين المسبب للسرطان وتليف الكبد. وعلى العكس من ذلك يحدث تثبيط بإنتاج الهرمونات النباتية (الجبريللين) بواسطة بعض الفطريات.

ب- تلوث التربة بالمبيدات الكيماوية كاحد الامثلة الهامة للتلوث الإنساني:

المبيدات هى مواد كيميائيه تقضى على الكائنات الحية غير المرغوب فيها ومنها المبيدات الحشرية (Insecticides) التي تستخدم في مكافحة الحشرات الضارة، والمبيدات العشبية (Herbicides) التي تستخدم في مكافحة الأعشاب الضارة، والمبيدات الفطرية (Fungicides) التي تستخدم في مكافحة الفطريات الضارة التي تسبب مرض النبات ومبيدات القوارض(Rodenticides) التي تستخدم في مكافحة الفئران وسائر القوارض الضارة. وهناك بعض المبيدات التي تستخدم في تطبيقات صناعية مختلفة مثل مبيدات الطحالب ومبيدات الجراثيم وغيرها. تشترك المبيدات في كونها تتدخل لوقف العمليات الحيوية في الكائن الحي

غير المرغوب فيه بشكل او بآخر، لذا فهي تعتبر سامة. تعتبر المبيدات الكيميائيــة ملوثات خطيرة للغلاف الجوي والبيئة المائية، كما تعمل عادة على قتل العديد مــن الكائنات الحية غير المستهدفة مع الكائنات الضارة المستهدفة. ويمكن تقسيمها مــن الناحية الكيميائية الناحية الكيميائية إلى قسمين رئيسيين المبيدات التي يــدخل فيهــا الكلور (Chlorinated Pesticides) ومــن أشــهرها الــدي دي تــي(DDT) والمبيدات الفوسفورية العضــوية (Organophosphorous Pesticides) ومــن أشهرها الباراثيون (Parathion).

قد ساهمت الزراعة حديثاً في تلوث المياه تبعاً لاحتياج المزروعات للمبيدات الزراعية، إذ تجرف هذه المركبات بواسطة السيول التلــوث بمركبــات النيتريــت والنترات والكبريت والامونيوم وأملاح الفوسفور ومن المبيدات الشائعة الاســتعمال الكلور العضوية وهي مركبات ثابتة يتطلب تفككها سنوات عديدة ونتيجة الاستعمال المفرط والخاطئ للمبيدات بأنواعها وكون النباتات والمحاصيل عامــة لا تمــتص المبيدات إلا وفق قدرتها واحتمالها فإن كميات هائلة من هذه المبيدات يبقــى فــي التربة مسببة بذلك مشكلة بيئية لها آثارها السلبية الخطيرة ومن المعلوم أن المبيدات ومع هطول الأمطار او الري تتسرب في طبقات الأرض مسببة بذلك تلوث الميــاه السطحية والجوفية او تتبخر بفعل حرارة الشمس وتسبب تلوث الهواء المحيط عدا عن ذلك تقتل المبيدات الكائنات الحية الدقيقة النافعة في التربة محلة بذلك التــوازن الدقيق والهام في بيئة التربة.

كما وتحدث المبيدات تغيراً في الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة وتــؤثر بذلك على الإنتاجات الزراعية كما وتساهم المبيدات في تحويل الآفاق الثانوية إلــى آفاق رئيسية، وتعاني العديد من دول العالم الثالث من مشكلة الاســتعمال الخــاطئ للمبيدات حيث يظن الكثير من المزارعين أنه بزيادة استعمال المبيدات يمكن القضاء على الآفاق الزراعية بشكل افضل.

وتقسم منظمة الصحة العالمية المبيدات تبعا لخطورتها علي صحة العاملين الذين يعملون في مجالات التصنيع والتجهيز والخلط والتداول والأستخدام كما يبين الجدول التالي:

جدول 2-2

درجات السمية	الجرعة بالفم القاتلة لنصف حيوانات التجارب	التركيز النصفي القاتل (الاستنشاق) (مجم / كجم)	الجرعة النصفية القاتلة (الجلد) مجم / كجم	تاثيرها علي العين	تاثيرها علي الجلد	علامات التحذير
1- درجة السمية الاولي: القاتلة شديدة الخطر، المركب قاتل سام اذا دخل عن طريق الفم او الاستنشاق او تم امتصاصه عن طريق الجلد	اقل من 50	اقل من 0.2	اقل من 200	يحدث تأكل بالعين وتلف القرنية ولا يمكن شفاؤها بعد ذلك (خلال سبعة ايام) وقد يسبب هياجا في اغشية العين فقط	يسبب تأكل الجلد او قد يحدث هياجا فقط	خطر سام
2- درجة السمية الثانية: (شديد السمية) قد يحدث الوفاة اذا دخل عن طريق الفم او الاستنشاق او تم امتصاصه عن طريق الجلد	50 - 500	0.2- 2	200-2000	يسبب هياجا بالعين وتتلف القرنية ولكنها تشفي خلال اسبوع ويستمر هياج العين لمدة 7 ايام.	يسبب هياجا بالجلد خلال 72 ساعة	يوضع بعيدا عن متناول الاطفال
3- درجة السمية الثالثة: متوسط السمية يحدث اضررا اذا	500-5000	2- 20	2000-20000	لا يضر القرنية و يحدث هياجا يمكن	يحدث هياجا بالجلد خلال	احترس

درجات السمية	الجرعة بالفم القاتلة لنصف حيوانات التجارب	التركيز النصفي القاتل (الاستنشاق) (مجم / كجم)	الجرعة النصفية القاتلة (الجلد) مجم / كجم	تاثيرها علي العين	تاثيرها علي الجلد	علامات التحذير
تم بلع المركب او دخل عن طريق الاستنشاق او تم امتصاصه عن طريق الجلد				شفاؤه خلال 7 ايام	72 ساعة	
4- درجة السمية الرابعة: مأمونة نسبيا لا توجد ضرورة لاتخاذ اية احتياطات	اكثرمن 5000	اكثر من 20	اكثر من 20000	لا يسبب هياجا	حدث هياجا خفيفا بالجلد خلال 72 ساعة	احترس

ويتوقف تأثير المبيدات علي صحة الإنسان علي العوامل الاتية:

1- مدي سمية المادة الفعالة التي تدخل في تركيب المبيد.

2- جرعة وتركيز المبيد: حيث يعتبر جرعة المبيد (او كمية المبيد) من العوامل المؤثرة فقد يسبب مقدار ضئيل من مبيد معين اعراض مرضية شديدة بينما لا يسبب مقدار كبير من مبيد اخر نفس الضرر، وعموما فأن العاملين في صناعة المبيدات او تجهيزها او خلطها و تداولها هم اكثر قابلية للاصابة باعراض مرضية نتيجة تعرضهم للمبيد.

3- الخواص الطبيعية والكيميائية للمادة الفعالة التي تدخل في تركيب المبيد، فمثلا مبيد الباراثيون اشد سمية وخطورة كمادة كيمائية تحت درجات الحرارة المرتفعة.

4- طريقة دخول وامتصاص مادة المبيد بجسم الإنسان، وطرق امتصاص المبيدات هي الاستنشاق والجلد والاغشية المخاطية.

5- مدة التعرض للمبيد: حيث تساعد مدة التعرض في تحديد الجرعة التي يتم امتصاصها، فالتعرض لمدة بسيطة لمركزات المبيدات ينتج عنها اثار تتشابه الي حد ما مع فرصة التعرض لمدة طويلة من جرعات منخفضة من المبيدات.

وعموما يؤدي الأستخدام المكثف غير الرشيد للمبيدات الي اختلال التوازن البيئي والي تلوث عناصر البيئة المختلفة من تربة وماء ونبات وحيوان بشكل يصعب علي منظفات البيئة (عناصر التحلل) القيام بوظيفتها. ومنذ 20 عامل وجدوا اثارا وبقايا لمبيدات في 70% من البان الامهات، والان عثروا علي بقايا المبيدات في عظام ومخ الاجنة المجهضة.

اضرار المبيدات علي البيئة الزراعية:

- تحويل بعض الأفات الزراعية الثانوية الي افات رئيسية، نتيجة موت اعدائها الطبيعية.
- زيادة قدرة الأفات علي تحمل تركيزات عالية من المبيدات، نتيجة تكرار الرش بنفس المركب او مركبات متشابهة لعدة مرات.
- قتل كثير من الكائنات والحشرات النافعة للانسان مثل الهدهد وابوقردان وحشرة النحل النافعة.
- تلوث المحاصيل وخاصة الخضر والفاكهة، نتيجة قطفها بعد الرش وقبل الموعد المحدد بغرض الربح.
- زيادة نسبة متبقيات المبيدات ونواتج نحطمها وتحللها التي قد تكون اشد سمية من المركب الام في التربة والهواء المحيط ومياه الصرف الزراعي.
- الاضرار بسياسة تصدير الحاصلات الزراعية في حالة تجاوز مستوي متبقيات المبيدات الحد المسموح به لدي الدول المستوردة.

- فقد بعض المحاصيل الثانوية مثل ما حدث في اليابان عندما فقد الفلاح هناك العائد الاقتصادي الاضافي المتمثل في محصول الاسماك التي كان يربيها في حقول الارز المغمورة بالمياه.
- اكتساب بعض الأفات المناعة من التركيزات المستخدمة مما يؤدي لزيادة التلوث او تغيير المبيد وأضافة مواد سامة جديدة.

اضرار المبيدات علي البيئة والإنسان:

يمكن اجمال اضرار المبيدات علي البيئة و الإنسان في النقاط الاتية:

1. تلوث الماء والهواء والتربة.
2. ثبات المبيدات مدة طويلة بالبيئة.
3. اكتساب الافات مقاومة ضد المبيدات.
4. الاضرار بالكائنات الحية المفيدة للتربة.
5. قتل وتسميم جماعي للطيور والاسماك.
6. التأثير السلبي علي التنوع الحيوي للحيوانات والنباتات.
7. التراكم الحيوي: حيث تتراكم المبيدات داخل الكائنات ويزداد معدل التراكم كلما ارتفعنا في سلم الهرم الغذائي.
8. تسمم الغذاء بمتبقيات المبيدات مما يزيد من محيط الخطورة.
9. التأثيرا طويلة الامد علي الصحة البشرية.
10. امتداد خطورة المبيدات علي الاجنة داخل ارحام الامهات.
11. وتبين أن المبيدات الحشرية الكيماوية تتسبّب في قتل الكثير من الأحياء الدقيقة التي تستوطن التربة، والتي تسهم في تحليل المواد العضوية والمخلّفات النباتية التي ينتج عنها العناصر الحية المكونة للتربة الزراعية، فإن الكائنات الحية الدقيقة لها دورها المهم في التوازن الطبيعي للبيئة، فهي تسهم في تنقية الماء في كثير من عوامل التلوث، ذلك لأنها تساعد على الحفاظ على نسبة الاوكسجين الذائب في الماء.

ج- التلوث الحيوي للتربة كاحد الامثلة الهامة للتلوث الإنساني:

التلوث الحيوي للتربة هو التلوث بالكائنات الحية الدقيقة وغير الدقيقة، ولهذا النوع من التلوث اضراره الكبيرة علي الإنسان والحيوان. فالتربة تتلوث بكائنات حية دقيقة ناتجة عن افرازات وفضلات الإنسان عن طريق ري المحاصيل بمياه المجاري.وتصل الي الإنسان اما مباشرة عن طريق التربة او بطريقة غير مباشرة من خلال الفواكه والخضروات المزروعة في التربة الملوثة.وهذه الكائنات الحية تسبب للانسان العديد من الامراض مثل الاسهال والتيفود.كما ان بعض امراض الحيوانات تنتقل للانسان عن طريق التربة مثل مرض الكزاز.والجدول التالي جدول 2-3 يبين الفترات مدة البقاء بالايام التي تعيشها بعض الكائنات الممرضة في المياه العذبة والتربة.

جدول 2-3

مدة بقاء الكائنات الممرضة داخل التربة والماء

Type of pathogen	**Survival Time of Pathogens (in days unless otherwise indicated)**	
	In Freshwater and Sewage (At 20 - 30 ° C)	In Soils (at 20°C)
Viruses **Entroviruses**	Up to 120 but usually less than 50	Up to 100 but usually less than 20
BACTERIA		
Fecal coliform	Up to 60 but usually less than 30	Up to 70 but usually less than 20
Salmonella	Up to 60 but usually less than 30	Up to 70 but usually less than 20
Shigella	Up to 30 but less usually than 10	---------------
Vibrio cholera	Up to 30 but usually less than 10	Up to 20 but usually less than 10

PROTOZOA **Entamoeba histolytica cysts**	Up to 30 but usually less than 15	Up to 20 but usually less than 10
HELMINTHES (parasitic worms)) **Ascaris lumbricoides eggs**	Many months	Many months
[●] حماية البيئة من التلوث بالفيروسات د حامد حسن طنطاوي –د سعدون خليفة		

ويلاحظ من الجدول ان مدة بقاء الكائنات الممرضة داخل التربة تتراوح بين 20 يوما لعدة اشهر مما يبين مدي خطورة تلوث التربة بالكائنات الدقيقة الممرضة وخاصة التي مصدرها مياه الصرف الصحي او الصناعي.

د- التلوث الأشعاعي للتربة كاحد الامثلة الهامة للتلوث الإنساني:

تعرف ظاهرة النشاط الأشعاعي بأنها انطلاق لانواع مختلفة من الاشعاعات (مثل جسيمات الفا وبيتا واشعة جاما) من انوية بعض النظائر اما بشكل طبيعي (النشاط الأشعاعي الطبيعي) او عن طريق استحثاث هذه الانوية صناعيا (النشاط الأشعاعي الصناعي).

وتحتوي التربة علي العديد من النظائر المشعة بشكل طبيعي مثل اليورانيوم والثوريوم والراديوم والبوتاسيوم وغيرها. كما أنها تحتوي علي العديد من النظائر المشعة الصناعية والمنتجة من قبل الإنسان، وبكميات تفوق النظائر الطبيعية في بعض بلدان العالم. وذلك لتوسع التطبيقات التي تستخدم فيها هذه المواد المشعة، فمنها العسكرية، والطبية، والزراعية، والبحثية، وغيرها من التطبيقات. هذا بالاضافة الي ما ينتج من هذه التطبيقات من ملوثات لها خاصية الاشعاع (ملوثات مشعة) تتطلب معاملة خاصة للتخلص الامن منها.

وتنتشر المواد المشعة في محلول التربة ويمتصها النبات وتراكم في الفروع والجذور والاوراق والثمار او قد تسقط المواد المشعة الموجودة في الغبار مباشرة علي اوراق التبات وثماره فيمتص النبات جزء منها ويبقي جزءا منها عالقا به. ويتأثر الإنسان بنسبة 20%عن طريق امتصاص التربة للمواد المشعة و80% عن طريق التلوث المباشر للنبات.

هـ- ملوثات متنوعة تصيب التربة:

تعتبر المعادن الثقيلة، مثل الزئبق والرصاص والزرنيخ والكادميوم والسيلنيوم من اخطر المواد التي تلوث التربة والماء، ومن أهم مصادر هذا التلوث مخلفات ونفايات المصانع وصهر المعادن واحتراق الفحم وعوادم السيارات. ومبيدات الآفات التي تحتوي على عنصر الزرنيخ.

وكذلك مخلفات المنازل الصلبة والسائلة (مياه الصرف الصحي) بما تحتويه من اوراق وعلب وبلاستيكات وعلب معدنية.

والقاء هذه المخلفات في التربة دون معالجة او تصريفها في المياه التي تستعمل في ري المزروعات لا شك سيؤدي الي مشاكل صحية وبيئية كبيرة وخاصة المواد البلاستيكية نظرا لصعوبة اعادة استخدامها وصعوبة تحللها الي مكونات ابسط واقل ضررا علي البيئة.

كما ان تسرب أو سقوط الامطار الحمضية علي التربة سيؤدي الي احداث اخلال بالنظام الحيوي بها وضررا للكائنات الحية مثل انخفاض نشاط البكتيريا المثبتة للنيتروجين،وانخفاض معدل تفكك المواد العضوية، مما ادى الى سماكة طبقة البقايا النباتية الى الحد الذي اصبحت فيه تعوق نفاذ الماء الى داخل التربة والى عدم تمكن البذور من الانبات، وقد ادت هذه التأثيرات الى انخفاض انتاجية الغابات. وحموضة التربة يؤدي ايضا الي فقد بعض الاملاح والعناصر المهمة في التربة

1. التعرف على التأثيرات الصحية والبيئية وتقييمها.
2. تحديد أولويات العمل بالمناطق المتضررة.
3. تخطيط الإستعمال المستقبلي للأرض.
4. وضع خطة عمل للإستصلاح.
5. المساعدة في تقييم الأراضي.

ويجب أن تشمل تلك المعلومات الآتي: وصف الموقع، جيولوجية الموقع، نوعية التربة، هيدرولوجية وهيدروجيولوجية الموقع. تاريخ الموقع والدراسات السابقة والأعمال السابقة لمحاولة إستصلاح الموقع التعرف على نوعية الملوثات. وفي هذا الصدد يمكن الإستفادة من نظام البيانات الجغرافية بواسطة الحاسب الآلي.

تقييم الموقع: إن تقييم مقدار التلوث ضروري لإتخاذ القرار السليم بشأن الموقع الملوث، وعليه يجب أن تتوفر فيمن يقوم بعملية التقييم الخبرة الكافية، وإستخدام الإستراتيجيات المناسبة للمعالجة، وإن خلاصة عمله وتوصياته تكون مدعمة بالبيانات التي يتم تجميعها أثناء الدراسة. وتقييم الموقع يتناول ما يلي:

- قياس تركيز الملوثات في الارض الملوثة.
- قياس مدي انتشار الملوثات في الارض الملوثة.
- معرفة نوعية وطبيعة الملوثات الموجودة (كيميائية- بيولوجية – اشعاعية).
- معرفة مدي تغلل الملوثات في طبقات التربة.

تطبيق المعايير: يوجد العديد من المعايير والمحددات لتلوث التربة بالمواد الملوثة حيث يتم الإستناد إلى أحد تلك المعايير وتحديد التركيزات المسموح بها والتركيزات التي تشكل خطراً على البيئة.

استراتيجيات تقييم الموقع: إن عملية تقييم الموقع يجب أن تأخذ في الحسبان الخطر على الصحة والخطر على البيئة وإختيار نهج معين من خلال:

1. تحديد الخواص الطبيعية للتربة.

2. تحديد الملوثات وتوزيعها بالموقع.
3. تحديد مخاطر الملوثات على الصحة.

وحتى يتم هذا العمل يجب أن يتضمن عمــل مكتبــي وإستكشــافي للموقــع ودراسة طبيعة الموقع وتقييم الخطر الناتج عن الملوثات.

إختيار برنامج إدارة الأراضي الملوثة.

ينتج عن تقييم الموقع فى العادة أحد القرارات الأتية:

1. أن الموقع مناسب للإستعمال الحالي والمقترح.
2. أن الموقع غير مناسب للإستعمال الحالي أوالمقترح إلاّ بعد إجراء عمليات الإستصلاح المناسبة.
3. أن الموقع غير مناسب للإستعمال الحالي أو المقترح (نتيجة التلوث الشـــديد المدمر الذي حدث للارض ويصعب التخلص منه).

الإستصـــــــلاح:

تتم عملية إستصلاح المواقع المتضررة من التربة بطرق عديدة مثل الطــرق الهندسية والتي تشمل:

- جمع ودفن الملوثات بموقع آخر مناسب مخصص لاستقبال نوعيات معينة من المخلفات والملوثات.
- التخلص من الملوثات فى موضع يتم إعداده بالموقع وفق مواصفات معينة.
- عزل الموقع وذلك إما بعمل سياج حوله أو بعمل غطاء مناسب لمنــع إنتقــال الملوثات منه الي الأنظمة البيئية.
- جرف الطبقة السطحية للتربة الملوثة وازالتها واستبدالها بطبقة جديــدة غيــر ملوثة. وهذه العملية مكلفة جدا فقد تكلف استصلاح آلاف الهيكتارات في اليابان من ارض ملوثة بالكادميوم حوالي 185000 دولار للهيكتار الواحد عن طريق جرف الطبقة السطحية للتربة بعمق 25 سم و استبدالها بطبقة زراعية.

طرق الإستصـــلاح:

المعالجة الطبيعية: وهي تشمل استخدام طرق فيزيائية لاستصلاح التربة ومعالجتها مثل:

- عمليات غسيل التربة باستخدام كميات معينة من الماء لغسل التربـــة وتخفيـــف الملوثات بها و هذا يتطلب إيجاد نظام صرف مترافق مع عملية الغسيل حتى لا يحدث تلوث للماء الجوفي.
- تبخير المواد الكيميائية المتطايرة عن طريق استخدام تقنيـــة "land farming"، لمعالجة مساحة كبيرة من الأرض لمدة زمنية طويلة وهي تعتمد علـــي حـــرث الارض باستمرار وتقليبها لتبخير الملوثات خلال فترة معينة من الزمن. ويعيب هذه الطريقة بانها ذات فعالية ضعيفة بالإضافة إلى كونها تنقل التلـــوث للهـــواء والمياه الجوفية.
- الفصل بالجاذبية.

المعالجة الحرارية: التبخر والحرق.

المعالجة الكيميائية: تعديل درجة التفاعل، الإختزال/الأكســـدة، التميـــؤ. التثبيـــت بواسطة المعالجة الكيميائية، تكوين مركبات غير قابلة للذوبان.

المعالجة الحيوية: ويستخدم لهذا الغرض البكتريا والفطريات. إن إختيـــار عمليـــة الإستصلاح تعتمد على نوعية الملوثات وكمياتها.

منع حدوث أي تلوث جديـــد:يجب على السلطات المحلية تنظيف الملوثـــات الموجودة ومنع حدوث أى تلوث جديد وذلك من خلال:

1. التحكم في إدارة النفايات.
2. السيطرة على العمليات الصناعية والتجارية ليس الحد من عمليات تصريف المواد الصلبة والسائلة فقط ولكن القيام برصد والسيطرة علـــى حـــوادث

التصرف (مثل حدوث تسرب من خطوط وخزانات الوقود إلى المياه الجوفية والتربة).

3. منع حدوث أي تلوث بالقرب من التجمعات السكانية وموارد مياه الشرب وذلك بإختيار الأماكن المناسبة للتخلص من النفايات الصلبة والسائلة.

2-9-2. المعالجة الحيوية كاحد امثلة مكافحة تلوث التربة

تستطيع بعض الميكروبات المتخصصة هضم المواد الكيميائية، مثل البترول الموجود في بيئتها، وتحويلها إلى مركّبات إيجابية، مثل ثاني أكسيد الكربون والماء.

هاناهان بلدة أميركية صغيرة ونموذجية وهادئة بولاية ساوث كارولينا، كانت كذلك حتى عام 1975 عندما تسرب 80 ألف جالون من وقود الطائرات من مرفق عسكري مجاور باتجاه أراضيها. ومع أن السلطات بذلت جهودا كبيرة لإزالة النفط المتسرب، فإنها لم تتمكن من احتوائه.

وبحلول عام 1985، كان النفط المتسرّب قد انتشر ببطء ووصل إلى المناطق السكنية في البلدة، متغلغلا في جزء كبير من التربة وإمدادات المياه. وعندما ناقش المهندسون أفضل الطرق لإزالة التلوث من المنطقة، اصطدموا بعوائق عدة. غير أن هؤلاء المهندسين لم يكونوا، حينئذ، على علم بوجود طاقم تنظيف فعال جدا، ولا تكشفه العين البشرية. من هو هذا الفريق؟ إنه فريق من الميكروبات.

مباشرة اعمال الصيانة:

لقد بدأت كائنات حيّة مجهرية، تتكون بشكل طبيعي ردا على الخطر الذي شكله التسرّب النفطي على بيئتها الطبيعية، بالتهام المركّبات السامة المشتقة من البترول، محولة إياها إلى مركّبات غير مضرة من ثاني أكسيد الكربون. وقد علم فريق من الباحثين من مصلحة المسح الجيولوجي الأميركي أنه يمكن تسهيل عمل هذا الفريق الناجح من خلال إضافة مغذيات مختلفة.

وهذا ما فعلوه عام 1992. فقد بدأ علماء مصلحة المسح الجيولوجي الأميركي عملية التنظيف الرسمية من خلال إضافة مغذيات إلى المنطقة الملوثة. وبعد سنة، تمكنوا من الحد من التلوث بنسبة 75%. وأصبحت المياه الجوفية والتربة، التي كانت غير ملائمة للبشر، قابلة للاستعمال من جديد. وعادت هاناهان الصغيرة بلدة أميركية نموذجية من جديد، لكنها لم تعد هادئة كما كانت عليه؛ فقد بدأت حركة المعالجة الحيوية.

ومع أن عبارة المعالجة الحيوية تبدو معقدة، فإن تعريفها بسيط: إنها عملية تستخدم النباتات والكائنات الحية الدقيقة لهضم النفايات الخطيرة وتحويلها إلى منتجات طبيعية غير مضرة.

يقول ستيفن كونيسبرغ، نائب رئيس قسم الأبحاث والتنمية في شركة المعالجة الحيوية "ريجينيسيس" ومقرها في كاليفورنيا: " الأمر أشبه بتناول البطاطا المشوية، يستطيع جسمك هضم النشويات الموجودة في البطاطا وتحويلها إلى طاقة ".

وبالطريقة نفسها، تستطيع بعض الميكروبات المتخصصة هضم المواد الكيميائية، مثل البترول الموجود في بيئتها، وتحويلها إلى مركّبات إيجابية، مثل ثاني أكسيد الكربون والماء.

وتعود جذور المعالجة الحيوية إلى مدينة مانشستر في إنجلترا، وهي بلدة شهيرة بفريق كرة القدم مانشستر يونايتد أكثر منها بميكروباتها. فقد بدأت المدينة عام 1914 بمعالجة مياه الصرف بشكل فعال بواسطة الميكروبات. ومع أن المعالجة الحيوية بقيت في حالة خمود حوالي 70 عاماً، فإن ثمانينات القرن الماضي شهدت تسربات عديدة للمواد الخطرة والسامة في أنحاء العالم وإعادة إحياء المعالجة الحيوية، التي تسارعت وتيرتها وصولا إلى يومنا هذا. ومع أن حجم الميكروبات صغير، فهي تستطيع مواجهة شتى أنواع التسربات. بدءاً من تسربات النفايات السامة كالنفط، والمذيبات المكلورة ووصولا إلى فرط المواد

التي تهدد التوازن البيئي مثل الطحالب، فإن ميكروبات المعالجة الكيميائية هذه صلبة وعنيدة وقادرة على تنظيف البيئة وإعادة التوازن إليها.

فوائد المعالجة الحيوية:

لقد أصبحت المعالجة الحيوية بديلا مغريا لطرق مكلفة تحتاج إلى عمالة كثيفة لتنظيف المواقع، مثل إزالة التربة وإحراقها بالكامل.

يقول كونيسبرغ: "يمكنك إنفاق ما بين نصف مليون إلى مليون دولار لتنظيف موقع صغير نسبيا، لنقُل بطول 100 قدم وبعرض 40 قدما. ما تمكنّا من القيام به هو تخفيف الكلفة والمساعدة على تنظيف موقع بحوالى عشر الثمن السابق، وبالتالي زيادة معدلات المعالجة إلى حد كبير".

لو أرادت الولايات المتحدة تنظيف كل مواقع النفايات السامة بواسطة المعالجة الكيميائية، لاستغرقها ذلك عقودا وكلف أكثر من مليون مليار دولار. فالأمر غير ممكن بكل بساطة، وليست إزالة النفايات التقليدية باهظة الثمن فحسب، بل غالبا ما تؤجل المشاكل من خلال نقل المواد الخطرة من مكان إلى آخر. إن المعالجة الحيوية وسيلة لإزالة المواد الخطرة كليا، سواء في المنطقة الملوثة او في مرفق معالجة خارج الموقع.

الفصل الثالث

كيمياء الماء والتلوث المائي للبيئة

3. مقدمة عن الماء

3- 1. كيمياء الماء

3-2. دورة الماء الطبيعية علي الأرض

3-3. الدورة الاصطناعية للمياه

3-4. توزيع المياه علي الكرة الأرضية

3-5. تلوث الماء

3-5-1. ملوثات الماء الطبيعية والكيميائية والبيولوجية

3-6. التحكم في تلوث الماء

3-6-1. معالجة مياه الصرف الصحي

3-6-2. معالجة مياه الصرف الصناعي

3-7. المسح البيئى لمصادر المياه

3-8. الموارد المائية في الوطن العربي

الفصل الثالث

كيمياء الماء والتلوث المائي للبيئة

3. مقدمة عن الماء

الماء ميزه الخالق سبحأنه وتعالى بالعديد من الصفات الفيزيقية، والكيميائية والحيوية التي جعلت حقاً سائل الحياة الفريدة، وجعلته بحق أعجب وأعظم سائل، فلولاه ما كانت على الأرض حياة وبدونه لا يوجد سائل الدعم، وعصارات النبات ولولا الماء ما نظمت درجة حرارة الأرض، ولا فتتت صخورها ولا تشققت تربتها الزراعية ولعجزنا عن إنبات حبة واحدة على سطح الأرض

الله سبحأنه وتعالى خلق الأرض والسماء وأراد أن يخلق الإنسان على هذه الأرض خلق له الماء الذي فيه قوام حياته وحياة من حوله من الكائنات الحية قال الله عز وجل:

(اولمْ يَرَ الّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالأرض كَانَتَا رَتْقاً فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلا يُؤْمِنُونَ) [الانبياء:30]

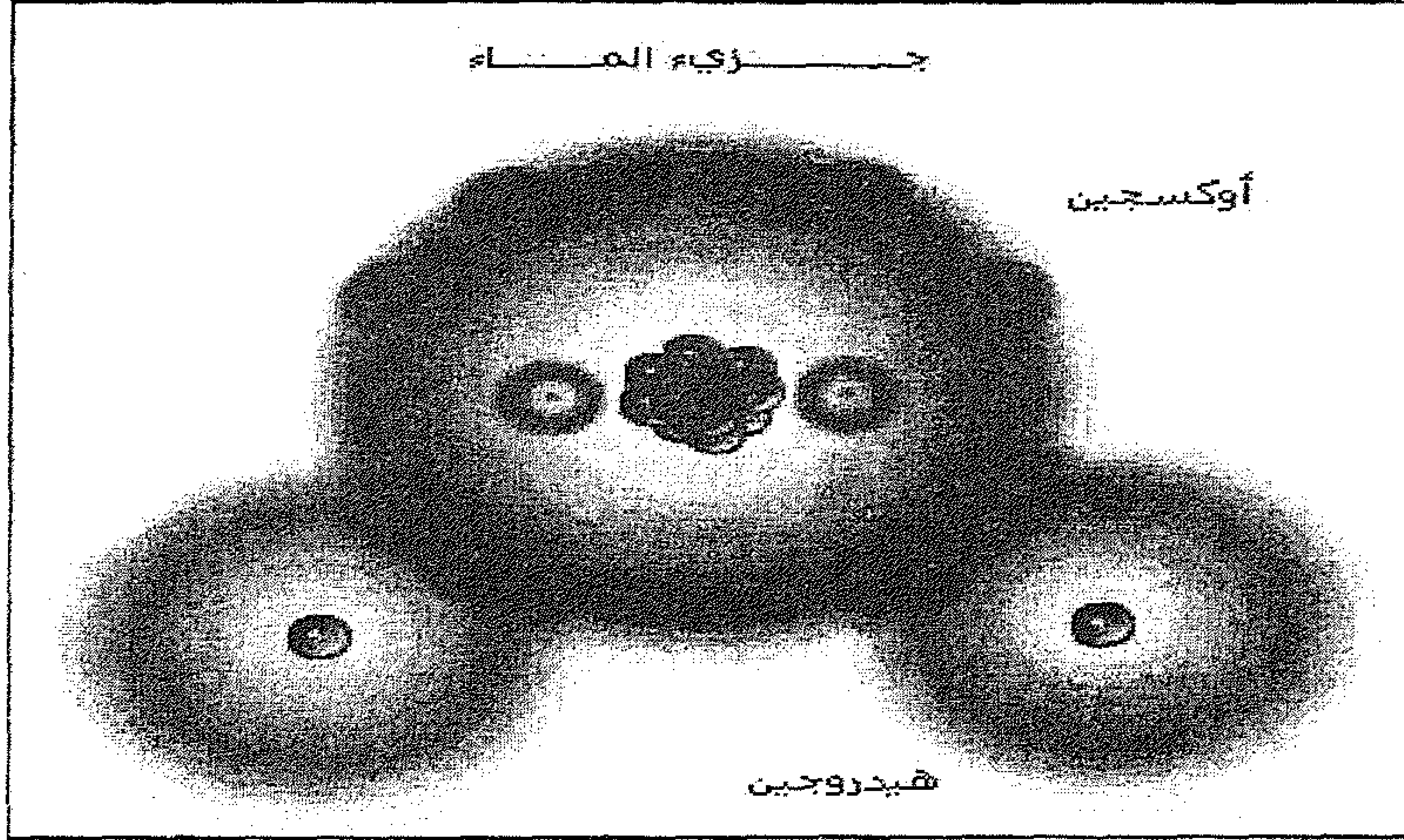
والماء هو مادة الحياة وإكسيرها السحري الذي بدونه لاستحالت الحياة على سطح هذا الكوكب.

3-1. كيمياء الماء

يتكون الماء من وحدات دقيقة تسمى الجزيئات. وتحتوي قطرة من الماء على عدة ملايين من الجزيئات. ويتألف كل جزيء بدوره من وحدات دقيقة جدًا تسمى الذرات وتتكون جزيئات الماء من ذرات هيدروجين وذرات أكسجين. والهيدروجين والأكسجين غازان، لكنه لدى اتحاد ذرتين من الهيدروجين مع ذرة واحدة من الأكسجين يتكون المركب الكيميائي H_2O – الماء. وحتى الماء النقي يحتوي على مواد أخرى بجانب الهيدروجين والأكسجين العاديين. فهو يحتوي مثلاً على نسبة

ضئيلة جدًا من الديوتريوم وهو ذرة هيدروجين تزن أكثر من ذرة الهيدروجين العادي. ويسمى الماء المتكوّن من اتحاد الديوتريوم مع الأكسجين بالماء الثقيل.

تعتمد الخواص غير العادية للماء على طبيعة القوى التي تشده وتربطه بعضه ببعض. وهذه القوى هي: 1- الروابط كيميائية، 2- الروابط الهيدروجينية.



شكل 3-1

يتركب جزيء الماء من ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين واحدة. وفي كل ذرة هيدروجين متسع لإلكترون آخر حول نواتها. أما ذرة الأكسجين فلديها متسع لإلكترونين آخرين حول نواتها.

الروابط الكيميائية. يقصد بالروابط الكيميائية القوى التي تربط ذرتي الهيدروجين وذرة الأكسجين بعضهما ببعض في جزيء ماء. وفي كل ذرة هيدروجين إلكترون واحد يدور في مدار حول نواة الذرة، وفي كل من ذرات الهيدروجين متسع لإلكترونين. ولذرة الأكسجين ستة إلكترونات في مدارها ئلخارجي ولكنها تتسع لثمانية إلكترونات. وتقوم ذرتا الهيدروجين والأكسجين بملء الأماكن الشاغرة بها باشتراك هذه الذرات في الإلكترونات. ويدخل الإلكترونان من ذرتي الهيدروجين مدار ذرة الأكسجين وفي نفس الوقت فإن الإلكترونين من ذرة

الأكسجين يملآن الفراغ في ذرتي الهيدروجين. ويكون جزيء الماء الناتج ذا بناء وتركيب قويَّين.

الروابط الهيدروجينية. تشير الروابط الهيدروجينية إلى تلك القوى التي تربط جزيئات الماء بعضها ببعض. ولجزيئات الماء شكل متفرع الجوانب. وذلك لأن ذرتي الهيدروجين تبرزان من إحدى نهايتي ذرة الأكسجين. وللنهاية الهيدروجينية في جزيء ماء شحنة كهربائية موجبة، وفي النهاية المقابلة لجزيء الماء شحنة كهربائية سالبة. وترتبط جزيئات الماء ببعضها بسبب تجاذب الشحنات الكهربائية السالبة والموجبة. وترتبط النهاية الموجبة لجزيء الماء بالنهاية السالبة لجزيء آخر ترتبط نهايته الموجبة بالنهاية السالبة لجزيء ثالث.

3-1-1 صفات الماء الكيميائية

الماء كمركب كيميائي فريد له العديد من الخصائص الكيميائية التي مكنت الإنسان من استخدامه في كثير من الصناعات والاغراض الصناعية، ومن اهم تلك الصفات:

- الماء مذيب قوي
- التأين وحامضية وقلوية الماء

1. الماء مذيب قوي

عدّ الماء أقرب من أي مركب غيره يطلق عليه وصف "المذيب العام"، ذلك أن أغلب المواد تذوب في الماء، ولكن بدرجات متفاوتة. وترجع سبب قوة إذابة الماء للمواد الأخرى، إلى قطبية جزيئات الماء الناتجة عن الشكل الهندسي المائل للروابط التساهمية. فكثير من ذرات المواد الذائبة، ترتبط بعضها ببعض، من خلال قوى جذب إلكتروستاتيكي بسيط، ناتجة عن احتوائها على شحنات مختلفة. وهذه الأنواع من الروابط تُعدّ أضعف بكثير من الروابط التساهمية الموجودة داخل جزئ الماء، والروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء. ونتيجة لوجود ذرات تلك المواد

في الماء، فإنها تحاط بجزيئات الماء، وتعزلها فيزيقياً بعضها عن بعض، وتتـــأين وتصبح ذائبة في الماء. وعلى الجانب الآخر، يظل الماء محتفظاً بتركيبه الأساسي، بسبب قوة الروابط التساهمية والهيدروجينية.

لذا، تُعدّ مقدرة الماء على إذابة العديد من المواد العضوية وغير العضـــوية، من دون التفاعل معها، أو تغيير خصائصه الكيميائية الأساسية، مـــن الخصـــائص الفريدة التي يتميز بها الماء. وهذا على عكـــس المـــذيبات العضـــوية (Organic Solvents)، التي لا تقدر على إذابة أي مادة،دون التفاعل معها.

فعلى سبيل المثال، يذوب السكر في الماء عن طريق تداخل جزيئات المـــاء داخل جزيئات السكر، حيث تقوم بعزلها فيزيائياً، والاحتفاظ بها داخـــل الفراغـــات الموجودة بين جزيئات الماء(Inter Molecular Space)، وبالتالي يذوب الســـكر عن طريق انتشار جزيئاته بين جزيئات الماء دون التفاعل معها. وهذا الذوبان هو عكس ذوبان ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) في الماء، حيث تتم الإذابة عن طريق تأين (Ionization) كلوريد الصوديوم،إلى أيونـــات الكلوريـــد الســـالبة وأيونـــات الصوديوم الموجبة.

ولهذا السبب، نجد أن محلول السكر في الماء المقطر، يكـــون غيـــر قابـــل للتوصيل الكهربائي (Electrical Conductivity) نتيجة عدم تكون أيونات حـــرة من عملية الذوبان الفيزيائي للسكر، حيث تعمل هذه الأيونات الحرة (Free Ions) على حمل إلكترونات التيار الكهربائي في الماء. فيما يكون محلول الملح (كلوريـــد الصوديوم)، الذائب في الماء المقطر، موصلاً جيداً للكهرباء، نتيجة ازدياد أيونـــات الكلوريد وأيونات الصوديوم اللازمة لحمل إلكترونات التيار الكهربائي في المـــاء. وكلما ازداد تركيز هذه الأيونات، ازدادت مقدرة هذا المحلـــول علـــى التوصـــيل الكهربائي (Electrical Conductivity).

ولصفة الإذابة هذه أهمية خاصة في تغذية الكائنات الحية، وذلك لأن تغذية الكائنات الحية واستفادتها من الغذاء، تعتمد بصورة رئيسية، على إذابة المواد الغذائية في الماء، سواء تم ذلك قبل امتصاص المواد الغذائية، أو بعد امتصاصها وانتقالها في جسم الكائن الحي.

وتسبب هذه الخاصية بعض المشكلات في كثير من الأحيان، حيث يصعب الحفاظ على الماء بحالة نقية، لأن نقائه يبدأ في التناقص تدريجياً، بسبب ذوبان الإناء المحتوي عليه، في كثير من الأحيان، ولا يمكن استبعاد مياه الأمطار من هذه الخاصية كذلك. فأثناء هطولها، تذيب كثير من العوالق والشوائب الموجودة في الجو، وبذلك تهبط إلى الأرض محملة بالكثير من المواد الكيميائية والأتربة.

التأين وحامضية وقلوية الماء:

تعرف عملية التأين بأنها: "عملية تحول جزيئات مركب ما، إلى أيونات". وبالنسبة إلى الماء، فإن معدل تأينه يُعدّ ضعيفاً جداً، إذا ما قورن بمعدلات التأين في المركبات الأخرى. إلاّ أنه قد يحدث تحلل لبعض جزيئات الماء، إلى أيوني الهيدروجين الموجب (H^+) والهيدروكسيل السالب (OH^-). وقد وجد أن زيادة تركيز أيون الهيدروجين، تعني زيادة الحموضة لهذا السائل، في حين تعني الزيادة في تركيز أيون الهيدروكسيل، زيادة القلوية. وفي حالة الماء النقي، يكون عدد أيونات الهيدروجين، مساوياً لعدد أيونات الهيدروكسيل، أي أنه متعادل.

وتُقاس الحموضة (تركيز أيونات الهيدروجين) في المواد المختلفة، عن طريق مقياس الأس الهيدروجين (pH Scale)

ويراوح مقياس الأس الهيدروجيني بين صفر و14. فالمواد المتعادلة الحموضة، مثل الماء النقي، قيمة الأس الهيدروجيني لها = 7. أمّا الأحماض، فإن قيمة الأس الهيدروجيني لها تراوح بين صفر و6.9. أمّا المواد القاعدية، فإن قيمة الأس الهيدروجيني لها تراوح بين 7 و14.

ومعظم العمليات الحيوية تتم في مجال محدود من الأس الهيدروجيني، فإذا ما زادت أو قلت درجة الأس الهيدروجيني عن هذا المجال، فإن العمليات الحيويـة أو الوظائف الطبيعية للجسم تختل. فعلى سبيل المثال، تبلغ قيمة الأس الهيدروجيني لدم الإنسان 7.4، فإذا ما انخفضت هذه القيمة، اختلتوظائف الجسم، وقد تحدث الوفاة.

كذلك، قد تكون مياه الأمطار حَمْضية بعض الشيء (قيمة الرقم الهيدروجيني حوالي 6)؛ نتيجة ذوبان ثاني أكسيد الكربون في قطرات المطـر، إلاّ أن ذوبـان بعض أكاسيد الغازات الأخرى الملوثة للجو في مياه الأمطار، قـد تسـبب زيـادة الحموضة في مياه الأمطار، كما هو حادث في الأمطار الحمضية. ويجب ملاحظة أن التغيير في قيمة الأس الهيدروجيني درجة واحدة، يعني تغيير درجة الحموضـة بمقدار 10 أضعاف. فالمحلول الذي له قيمة أس هيدروجيني = 3، هو حَمْضي 10 أضعاف المحلول الذي له قيمة أس هيدروجيني = 4.

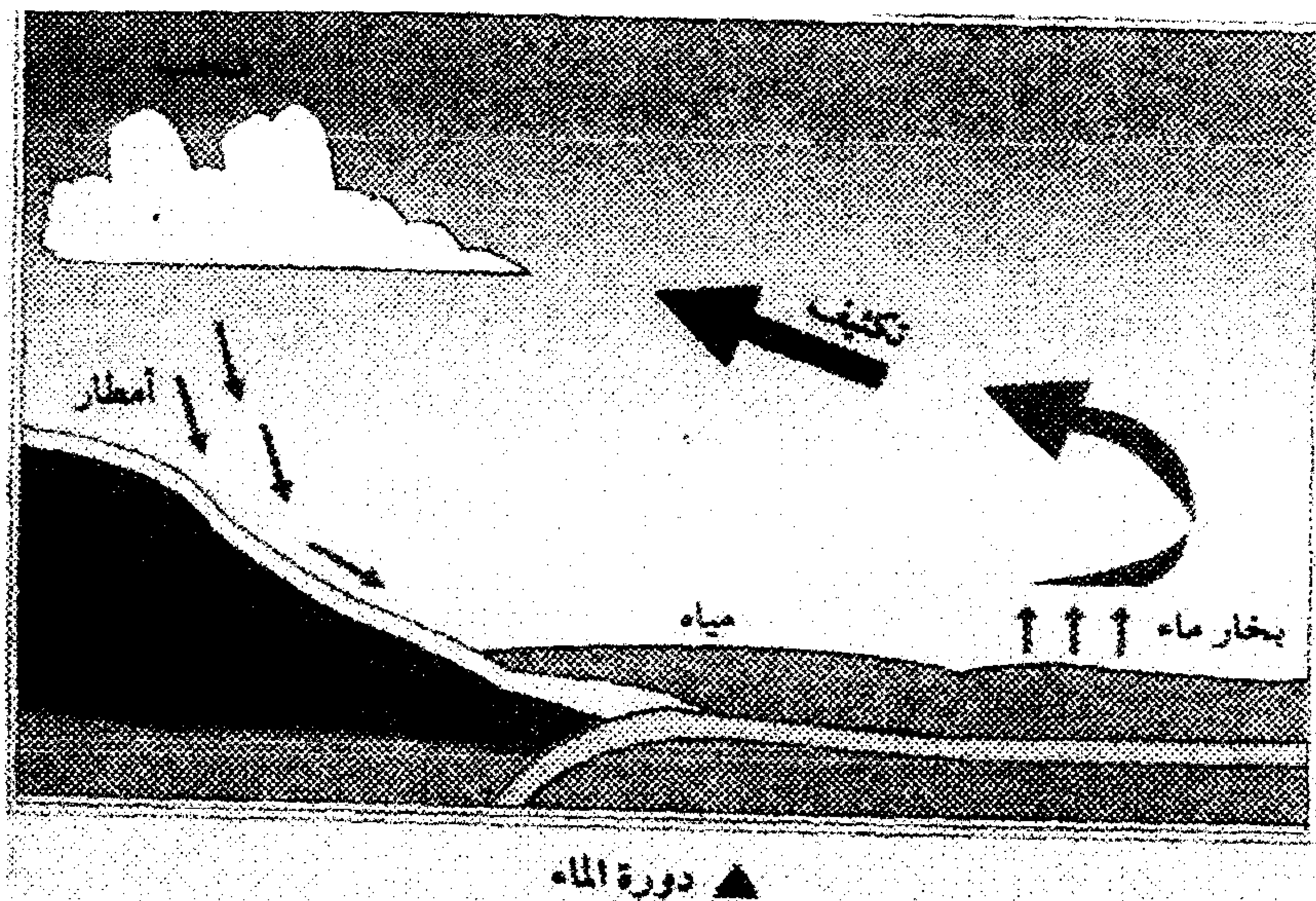
3-2. دورة الماء الطبيعية علي الأرض:

كما قلنا يعد الماء من اهم المصادر الطبيعية الموجودة علي سـطح الأرض وفي داخلها وداخل الغلاف الجوي، فالماء اساسي لحياة جميع انواع الكائنات الحية من انسان وحيوان ونبات وكائنات حية دقيقة. وتغطي مياه البحار والمحيطات اكثر من 70 % من المساحة الكلية للكرة الأرضية لذا يطلـق علـي كوكـب الأرض الكوكب المائي. وتتميز المياه بحركتها المستمرة في الطبيعة بفعل الطاقة الشمسـية التي تقوم بتبخير حوالي مليار متر مكعب في الدقيقة من المسطحات المائية حيـث يتصاعد بخار الماء الي الغلاف الغازي مكونا السحب والتي تـؤدي الـي سـقوط الأمطار او الثلوج علي سطح الكرة الأرضية وهذا ما نسميه بالتساقط.

وبعد سقوط الأمطار يتبخر قسم منها ويعود الي الغلاف الغازي، وفي بعض الاحيان يكون التبخر مباشرة عند سقوط الأمطار علي سطح الأرض وهذا يـرتبط

مع الظروف الجوية السائدة في منطقة السقوط. اما القسم المتبقي من هـذه الميـاه فيتوزع علي الشكل التالي:

- يتدفق القسم الاكبر من المياه علي شكل مياه سطحية مكونا جـداول صـغيرة تتجمع في أنهار واودية كبيرة تذهب الي المياه السطحية لتتبخر من جديد وتعود الي طبقات نغلقة بذلك الدورة.وتعتمد كمية المياه الجارية علي سـطح الأرض علي عدة عوامل من اهمها كمية وغزارة الامطار السـاقطة خـلال الوحـدة الزمنية ونوعية التربة والغطاء النباتي.
- يتغلل قسم قليل من المياه باتجاه الجاذبية الأرضية مغذيا بذلك المياه الجوفيـة، وتعود هذه المياه الي الدورة من جديد عند استعمالها في مختلف الاغراض.
- يتم الأستفادة من قسم من هذه المياه من قبل الكائنات الحية في بناء الكتلة الحية، وتعود الي الدورة بعد تحلل المواد العضوية الموجودة داخل اجسـام الكائنـات الحية.



شكل 3-2 دورة الماء

3-3. الدورة الاصطناعية للمياه

علي التوازي مع الدورة الطبيعية للمياه هناك ما يسمي الدورة الاصطناعية للمياه تبدأ بتدخل الإنسان من مكان اخذ المياه (المصدر الطبيعي) لاستخدامه في عدة مجالات لينتهي برميه مرة اخري في المصب الطبيعي.

يمكن تلخيص مراحل الدورة الاصطناعية للمياه كما يلي:

1- استخراج وجر (نقل) المياه:

تتم عملية رصد وجمع المياه سواء كانت مياه جوفية (كالابار والينابيع جيوب مائية) او مياه سطحية (كالأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات) او مياه استسنائية كمياه الهطول مباشرة.

2- معالجة وتنقية المياه:

وتتم هذه العملية تقريبا يوميا بغرض الحصول علي مياه نقية صحية صالحة للشرب واي استعمال. تتم عملية المعالجة تبعا لنوعية المياه (مياه المصدر) وحسب الغرض المخصصة له (فمثلا مياه التبريد اقل في النقاوة من مياه الشرب، ومياه صناعة الادوية ذات مواصفات خاصة جدا).

1- تحويل المياه:

هذ العملية عبارة عن نقل المياه من مكان المصدر الي مكان الاستهلاك، ويمكن ان ترتب هذه المرحلة قبل المرحلة السابقة اذا كانت نوعية ومواصفات المياه تسمح بذلك.

2- التخزين:

يقصد بالتخزين هو تجميع المياه في خزان لضمان تجانس كبير للتدفق المعالج من جهة ومن جهة اخري ضمان استمرار تدفق المياه في حالة حدوث عطب او عطل في المراحل السابقة. ومن الضروري ان يكون منشأت التخزين قريبة من المستهلك.

3- التوزيع:

يتمثل التوزيع عملية تزويد المستهلكين بالكميات المطلوبة من الماء وبالضغط المناسب اللازم في اي وقت، وهذا يتطلب وضع شبكة من المواسير ذات اقطار مدروسة لاكبر تدفق ممكن ان يمرباي نقطة من نقاط الشبكة.

4- شبكة المجاري:

بعد الاستهلاك فان المياه المستعملة تسمي مياه صرف او مياه عادمة وهي تصرف في شبكة، وتصمم هذه الشبكة بحيث تستوعب اي تدفق (من مياه الامطار ومياه المستعملة).

5- جمع مياه الامطار الساقطة:

بالتوازي مع المرحلة السابقة فان مياه الامطار الساقطة تجمع وتصرف الي مصاب طبيعية او يكون لها شبكة تجميع وصرف خاصة (وتسمي هذه الشيكة شبكة صرف منفصلة) او تجمع وتصرف مع مياه المجاري في شبكة واحدة (وهذه تسمي شبكة صرف مجمعة مشتركة).

6- التصفية:

نظريا يجب معالجة المياه المستعملة معالجة تمهيدية بالتصفية قبل رميها في المصب الطبيعي وذلك لتفادي اي تلوث للمصادر الطبيعية.

7- المصب:

عادة يتم رمي المياه بعد تصفيتها في الوسط الطبيعي، ويمكن رمي مياه الامطار اذا كانت بكميات كبيرة الي المصب مباشرة بدون تصفية او معالجة اولية اذا كانت لا تشكل تلوثا للمصب الطبيعي.

8- الضخ:

بسبب اختلاف مستويات مراحل المسار الاصطناعي للمياه يتم استخدام اليات الضخ من اجل رفع المياه من مناسيب منخفضة طبيعية الي مناسيب اعلي. في

اغلب الحالات نجد المضخات بالقرب من مراحل المعالجة وتخزين المياه وبعض شبكات المجاري.

3-4. توزيع المياه علي الكرة الأرضية:

تغطي المياه حوالي 71% من سطح الكرة الأرضية، ويقدر الحجم الاجمالي لهذه المياه اكثر من 1370 مليون كيلومتر مكعب، وبالطبع ليست كل هذه الكميات الهائلة المياه في متناول الإنسان، لان معظمها **97.2%** مياه مالحة موجودة في البحار والمحيطات، اما الباقي فهو مياه ليست مالحة 2.14 % اي 29 مليون كيلومتر مكعب علي شكل كتل جليدية في القطبين، وهذه يتعذر الأستفادة منها، لذا لا يتبقي في متنازل ايدينا سوي **9** ملايين كيلومتر مكعب من المياه العذبة في الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية.

والجدول التالي يبين توزيع المياه في الكرة الأرضية.

جدول 3-1

الخزان الطبيعي للماء	الحجم بالملايين م3	النسبة المئوية من المجموع(%)
البحار والمحيطات والبحيرات المالحة	1370	97.25
المياه المتجمدة	29	2.05
المياه الجوفية	9.5	0.68
البحيرات العذبة	0.125	0.01
ماء التربة	0.065	0.005
ماء الغلاف الجوي	0.013	0.001
الأنهار	0.0017	0.0001
المجموع	1408.7	100

المياه الطبيعية تحتوي علي كثير من المواد والتي قد تكون ذائبة او عالقة في المياه، والجدول التالي يبين المواد التي تتواجد في المياه الطبيعية من مصادر مختلفة.

جدول 3-2

المواد الطبيعية الموجودة في المياه

مياه الأمطار	
مواد عالقة	بعض الشوائب التي تتواجد في الجو عند نزول المطرمثل الغبار والجسيمات
مود ذائبة	غازات مثل ثاني اكسيد الكربون والأكسجين، وبعض الأملاح
المياه السطحية	
مواد عالقة	الطين والطمي والكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب والبروتوزا والبكتريا وكذلك المواد العضوية.
مواد ذائبة	ثاني اكسيد الكربون و النتروجين والأكسجين وأحماض عضوية، الامونيا، وأملاح الكلوريدات والكبريتات والفوسفات والسيليكات.
مواد عالقة غروية	مواد ملونه وأحماض ومواد عضوية
المياه الجوفية	
مواد عالقة	بعض الكائنات الحية الدقيقة (نادرا)
مواد ذائبة	أملاح البيكربونات والكربونات، الكبريتات، والكلويدات، وهيدروكسيد (المنجنيز والحديد والكالسيوم) والغازان مثل النتروجين والأكسجين
مواد عالقة غروية	السيلكا وأكسيد الحديد والمنجنيز.

المميزات الفيزيائية لمياه الشرب:

تعد المميزات التالية اهم المميزات الفيزيائية لمياه الشرب:

- ◊ درجة الحرارة
- ◊ المواد العالقة
- ◊ اللون
- ◊ الطعم والرائحة
- ◊ العكارة
- ◊ التوصيلية الكهربية

اولا درجة الحرارة Temperature:

تتراوح درجة الحرارة المثلي لمياه الشرب مابين 9 الي 12 درجة مئوية، وينصح بعدم توزيع مياه تتخطي درجة حرارتها 20مئوية،عادة تكون درجة حرارة المياه الجوفية 10 الي 12 مئوية، ولكن المياه الجوفية العميقة تكون جدا حارة اذا تبلغ في بعض الاحيان 60 درجة مئوية. بينما نجد درجة حرارة الجدول بين صفر الي 25 مئوية حسب فصول السنة.

المواد العالقة Suspended Solids:

يسبب وجود مواد عالقة في المياه او وجود بعض المواد العضوية (كبقايا النباتات او الحيوانات) او حيوية مثل البكتريا والطحالب وبعض الشوائب المعدنية (كالرمال والتراب) اضافة الي مخلفات المصانع والمجاري ومركبات الحديد ونمو الطحالب والتفاعلات التي تنجم عنها الي تغير لونها وعدم امكانية شربها.

لذا فان منظمة الصحة العالمية لا تنصح بشرب مياه تحتوي علي مواد عالقة، وتعتبر قيمة 30 مجم / لتر للمواد العالقة في المياه السطحية طبيعيا وجيدا، بينما الماء الذي يحتوي علي مواد عالقة اكبر من 70 مجم لكل لتر يعتبر ماءا ملوثا.

اللون Color:

الماء النقي لا لون له، بسبب درجة صفائه أو شفافيته؛ إذ يسبب تلون المـــاء وجود المواد العضوية أو غير العضوية (وجود بعض الاملاح المذابة) على شكل مذاب أو معلق.

والمياه النقية علي عمق 2 متر لا لون لها ويكون لونها ازرق سماوي علـــي عمق ثلاثة امتار:

- قد يوجد للماء لوناً يعزى للمواد العالقة أو لانعكاس القاع أوالسماء فيسمى اللون الظاهري، وقد يوجد للماء لوناً يعزى للمواد المذابة فيه يسمى اللون الحقيقي.

والالوان من المواد المذابة لا يمكن التخلص منهت بالترشيح، امـــا الالـــوان الناتجة عن المواد العالقة غير الذائبة (مثل املاح الحديد والصدا) فـــيمكن ازالتهـــا بالترشيح والترسيب، والالوان التي لا تزال في المرشحات الرملية مثـــل الالـــوان الناتجة عن المواد العضوية المذابة في الماء يمكن ازالتها بالفحم المنشط.

ويقاس اللون في المياه بالمقارنة بالمحاليل القياسية.وقـــد حـــددت منظمـــة الصحة العالمية الحدود القصوي لعكارة المياه المسموح بها بخمس درجات.

الطعم والرائحة Taste and Odor:

* طعم المياه هو الاحساس الناتج عن تفاعل اللعاب والمواد المذابة فـــي المـــاء اذا توجد علاقة وثيقة بين حاسَتي الذوق والشم؛ ومن الصعوبة التفريق بينهما إذ أن المادة التي تسبب رائحة معينة في الماء غالبا ما تؤدي إلى طعـــم معـــين. لكـــن العكس غير صحيح، فثمة مواد معدنية تسبب طعما دون رائحة.

ويمكن القول بصفة عامة ان حاسة الطعم تفيد في الكشف عن الملوثات الغير عضوية في المياه بينما حاسة الشم تفيد في الكشف عن الملوثات العضوية.

* والماء المحتوي علي املاح بتركيزات عالية عن الاملاح الموجودة في اللعاب تستشعر حاسة التذوق بانه اكثر ملوحة، ولذا فن التركيزات القليلة من الصوديوم والكالسيوم والكلوريد والبيكربونات في الماء تبدو بدون طعم، كما ان الكلور المتبقي قد يخفي طعم الماء.

وقد تضفي كثيرا من المواد الغيرعضوية الذائبة في الماء طعما منفرا بنركيزات اقل من تلك التي تحدث تاثيرات سامة، و من فضل الله ان معايير الطعم للمواد الغيرعضوية اقل بكثير من التركيزات المسببة للاضرار الصحية.

وخلاصة القول:

- المياه النقية (غير الملوثة) عديمة الطعم والرائحة.
- مسببات الطعم والرائحة في الماء.
- ا- وجود بعض المواد العضوية.
- ب- وجود بعض المواد غير العضوية، فمثلا وجود غاز كبريتيد الهيدروجين في المياه يصبح لها رائحة البيض الفاسد

ج- الكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب والبكتيريا.

ويعتبر الماء صالحا للاستهلاك ما لم يتعدي درجة 2 بمقياس بالا (البال وحدة قياس جودة الطعم والرائحة).

العكارة Turbidity

تعد العكارة تعبيرا جيدا عن مدي ودرجة صفاء المياه العذبة، فالعكارة هى مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كاختبار لقياس مدى جودة المياه بالنسبة للمواد الرغوية العالقة. وعموماً فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكارة وتركيز المواد العالقة فى المياه الغير معالجة ولكن تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها.

وغالبا تقاس العكارة لمياه الشرب كاختبار سريع لجودة المياه المعالجة ومدي احتوائها علي مواد غروية اومواد عالقة وتحدد العكارة مدي صلاحية المياه للشرب وللاستعمالات المنزلية حيث ان المياه الخالية من المواد الغروية العالقة تكون اكثر قبولا للمستهلك.

بالاضافة الي انه في حالة وجود عكارة عالية بالمياه يكون احتمال وجود كائنات ممرضة حيث يمكن ان تختبيء وتحتمي هذه الممرضات خلال الفراغات الدقيقة جدا في المواد الغروية والعالقة مما يقلل من فاعلية الكلور في القضاء علي الكائنات الممرضة ويؤدي الي استهلاك كميات كبيرة من الكلور لتطهير وتعقيم المياه.

وقد اوصت الهيئات المحلية والعالمية بعدم تخطي عكارة الماء خمس وحدات NTU، حيث ان الماء الذي له عكارة اكثر من خمس وحدات يكون غير صالح للشرب ويجب معالجتها للتخلص من العكارة.

العوامل التي تعتمد عليها عكارة الماء:

- حجم الحبيبات.
- تركيز الحبيبات
- طبيعة سطح الحبيبات

هناك عدة طرق للتخلص من العكأرة والشوائب وذلك حسب نوع الماء وكميته واستعمالاته. ففي الصناعة غالباً ما نستخدم الفلاتر الرملية المتعددة الطبقات، وعندما يراد الحصول على ماء أنقى عندها نستعمل الفلاتر الخرطوشية والفلاتر الميكرونية.

عندما تكون درجة العكارة عالية ويوجد استهلاك كبير للماء عندها نلجأ إلى المعالجة الأولية باستعمال أحواض الترسيب والمرسبات مع المواد الكيماوية التي تساعد على الترويب والترسيب.

التوصيلية الكهربية Electrical Conductivity

تعبر التوصيلية الكهربية عن نسب الاملاح الكلية الذائبة في المياه، فارتفاعها يدل علي ارتفاع نسب الاملاح في المياه، حيث انه كلنا زادت الاملاح في المياه زادت توصيليتها الكهربية (توصيل التيار الكهربي). وزيادة الاملاح اما ان تكون بفعل طبيعي كطبيعة المياه والأرض الجوفية او ما تذيبه وتسقطه مياه الامطار من عناصر او بفعل صناعي كصرف مياه الصرف الصحي او الصناعي علي المسطحات المائية الطبيعية.تعتمد التوصلية الكهربائية للماء على:

- مجموع المواد الصلبة الذائبة
- درجة حرارة المياه
- تركيز الأيونات
- تكافئ الأيونات

وقد صنفت منظمة الصحة العالمية المياه الصالحة للشرب بدلالة التوصيلية الكهربية كما في الجدول التالي:

جدول 3-3

نوعية المياه	التوصيلية الكهربية ميكروسيمنز / سم µs/cm
مياه ممتازة	µs/cm400-50
مياه جيدة	µs/cm750-400
مياه متوسطة	µs/cm1500-750
مياه ذات املاح معدنية عالية	اكبر من µs/cm1500

أن مجموع دول الاتحاد الاوربي تسمح بوجود توصيلية للمياه الصالحة للشرب حتي 1250 ميكروسيمنز/ سم.

المميزات الكيميائية لمياه الشرب:

تعد المميزات التالية اهم المميزات الكيميائية لمياه الشرب:

- ◊ الرقم الهيدروجيني (تركيز ايون الهيدروجين) pH
- ◊ عسر الماء Water Hardness
- ◊ مجموع المواد الذائبة Total Dissolved Solids

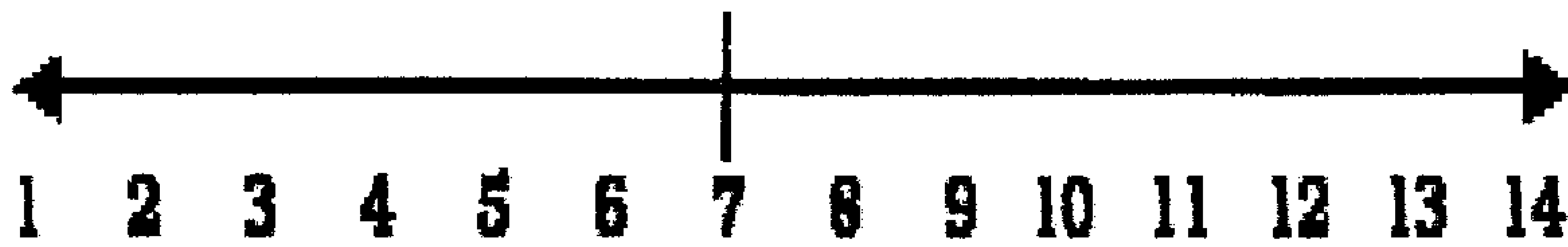
الرقم الهيدروجيني (تركيز ايون الهيدروجين) pH

الرقم الهيدروجيني هو اللوغاريتم العشري السالب لتركيز ايون الهيدروجين ويعبر عنها بالارقام من صفر الي 14، حيث الارقام الاقل من 7 تشير الي ان المياه حامضية والارقام اكبر من 7 تشير الي ان المياه قاعدية عند درجة 25 مئوية.

والرقم 7 يشير ان المياه متعادلة وهو الرقم الامثل للمياه الطبيعية الصالحة للشرب الا ان المياه تظل صالحة اذا زادت قليلا أو نقصت قليلا عن الرقم 7.

وقد كيفت معظم صور الحياة المائية نفسها للعيش في ظروف حموضة محددة ويمكن أن يؤدى تغير بسيط في الأس الهيدروجينى إلى القضاء على نوع كامل من الكائنات الحية.

يؤدى اختبار الأس الهيدروجينى إلى قياس كمية أيونات الهيدروجين (H^+) الموجودة في مادة ما، والأس الهيدروجينى عبارة عن رقم، وهو مؤشر يساعدنا على تقدير ما إذا كانت المادة حمضية أم متعادلة أم قلوية، ويمكن أن يتراوح الأس الهيدروجينى بين صفر للأحماض القوية جدا مثل حمض الهيدروكلوريك(HCl) ، و 14 بالنسبة للقواعد القوية مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH). ويحتوى الماء النقي على عدد متساو من أيونات H^+ وأيونات OH^- ولذلك يعتبر متعادلا.



شكل 3-3 مدي الاس الهيدروجيني

تتبع اهمية قياس الرقم الهيدروجيني للمياه في:

- التاكد من صلاحية المياه للشرب والزراعة.
- قياس الرقم الهيدروجيني للمياه له اهمية كبيرة في عمليات معالجة المياه كالتطهير وازالة العسر والترسيب الكيميائي.
- يدل الرقم الهيدروجيني الذي هو اكبر من 9 واقل من 4 علي تلوث الماء بالمخلفات الصناعية.

وقد حددت منظمة الصحة العالمية فيم تتراوح بين 6.5 الي 8.5 للرقم الهيدروجيني للمياه الصالحة للشرب.

عسر الماء Water Hardness:

عرّف "الماء اليسر"، بأنه الماء الذي يتفاعل مع الصابون عند استخدامه في الغسيل، منتجاً رغوة الصابون. أمّا "الماء العسر" فإنه لا تنتج عنه هذه الرغوة، أو تنتج بكمية ضئيلة. ويرجع السبب في عدم إنتاج رغوة للصابون مع الماء العسر، إلى وجود نسبة عالية من الأملاح المذابة في الماء، مثل أملاح الكالسيوم والماغنسيوم، خاصة البيكربونات والكبريتات ونتيجة وجود هذه الأملاح في الماء، تتفاعل مع الصابون لإنتاج رواسب كيميائية، بدلاً من الرغوة، التي تزيل الأقذار من الملابس، أوالأدوات، المراد غسيلها. لذلك، فإن سكان المناطق، التي بها ماء عسر، يجدون مشقة كبيرة في استخدام الماء العسر في النظافة. ويمكن إزالة عسر الماء بعدة طرق، تبعاً لنوع الأملاح المسببة للعسر. ففي حالة العسر المسبب بأملاح بيكربونات الكالسيوم، فيكفي غلي الماء للتخلص من هذا العسر، حيث تتحول البيكربونات إلى كربونات تترسب داخل إناء التسخين أو الغلي. لذا، يطلق على العسر الناتج من هذه الأملاح، "العسر المؤقت".

وهو يختلف عن العسر الدائم، الناتج عن كبريتات الماغنسيوم أو الكالسيوم، ولا يمكن التخلص منه بالحرارة. وكما أن الماء العسر، غير مناسب للاستعمال

العام، فإن الماء شديد اليسر غير مناسب، أيضاً، للاستعمال العام، لأن طعمه غير مناسب، لخلوه من ثاني أكسيد الكربون. وكذلك يذيب الماء اليسر الرصاص في الأنابيب المصنوعة من هذا المعدن، لأنه يؤدي إلى تكوين هيدروكسيد الرصاص، وهي مادة قابلة للذوبان في الماء، مما يؤدي إلى التسمم بالرصاص، نتيجة الاستعمال المستمر لهذا الماء المحتوي على الرصاص.

جدول 3-4

الايونات السالبة والموجبة للماء

الايونات السالبة Anions		الايونات الموجبة Cations	
بيكربونات	HCO_3^-	الكالسيوم	Ca^{++}
كربونات	CO_3^{--}	الصوديوم	Na^+
كبريتات	SO_4^{--}	الماغنيسيوم	Mg^{++}
كلوريد	CL^-	البوناسيوم	K^+
نترات	NO_3^-	الحديد (ثنائي)	Fe^{++}
فوسفات	PO_4^{---}	الحديد (ثلاثي)	Fe^{+++}
هيدروكسيد	OH^-	الالمونيوم	Al^{+++}

المياه ذات المحتوي العالي من الأملاح الذائبة تكون اقل استساغة وقبول للاستهلاك وطبقا لنوع الملح الموجود في الماء يتحدد المذاق والطعم، فمثلا املاح الكبريتات تحدث مذاقا لاذعا في مستوي اعلي من 300 الي 400 مليجرام لكل لتر، وتركيز الكلوريدات اعلي من 250 مليجرام لكل لتر يعطي مذاق مالح ولا توجد اضرار صحية للمياه طالما ان الاملاح الكلية الذائبة اقل من 1500 مليجرام / لتر.

واظهرت الدراسات ان الاملاح الذائبة لها اثار صحية مفيدة اذ قد يحصل للجسم علي احتياجاته من بعض الاملاح والعناصر المفيدة من المياه والمياه المقطرة

والتي نكاد تخلو من الاملاح لا تصلح للشرب ويكون لها اضرار صحية اذا تناولها الإنسان اكثر من مرة.

ومن حيث الاملاح الكلية الذائبة يمكن تصميف المياه الي أربعة انواع:

- مياه عذبة وتحتوي علي املاح ذائبة من50 الي 1500 جزء في المليون علما ان مياه الامطار تقل نسبة الأملاح بها عن 10جزء في المليون.
- مياه قليلة الملوحة تحتوي علي املاح ذائبة من 1500 الي10000 جزء في المليون.
- ماء متوسط الملوحة به 10000 الي 25000 جزء في المليون من الاملاح الذائبة.
- مياه مالحة تحتوي علي املاح ذائبة من 25000 الي 50000 جزء في المليون.
- مياه شديدة الملوحة تحتوي علي املاح ذائبة اكثر 50000 جزء في المليون.

المواصفات العالمية لمياه الشرب:

تحدد مواصفات مياه الشرب عموما الحد الأقصى المسموح به للمواد الضارة من أملاح ومعادن ثقيلة ومركبات كيميائية ومواد سامة في ماء الشرب طبقاً لمواصفات الهيئات العالمية (ملجرام / لتر).

جدول 3-5

المواصفات العالمية لمياه الشرب

العنصر أو المادة	مواصفات هيئة الصحة العالمية	المواصفات الاوروبية	المواصفات الكندية	المواصفات الأمريكية	المواصفات الروسية
اللون TCU	15	20	15	15	-
المواد الصلبة الذائبة	1000	-	500	500	-
المواد الصلبة المعلقة	-	-	-	-	-
العكارة NTU	5	4	5	1 - 5	-
الاس الهيدروجينى PH	8.5 - 6.5	- 6.5 8.5	- 6.5 8.5	8.5-6.5	-
الأكجسين المذاب	-	-	-	-	4
عسر الماء	500	-	-	-	-
نيتروجين نشادرى (امونيا)	-	-	-	-	2
الأمونيوم	-	0.5	-	-	2
نترات معين بالنيتروجين	10	-	10	10	-
النترات	-	50	-	-	10
نتريت معين بالنيتروجين	-	-	1	-	1
النتريت	-	0.1	-	-	1
الفوسفور P	-	5	-	-	-
حدود الأكسجين الحيوي BOD	-	-	-	-	2
الصوديوم Na	200	-150 175	-	-	-
الكوريد CI	250	25	250	250	250
كبريتات SO4	400	25	500	250	500
كبريتيد S	-	-	0.05	-	-

العنصر أو المادة	مواصفات هيئة الصحة العالمية	المواصفات الااوروبية	المواصفات الكندية	المواصفات الأمريكية	المواصفات الروسية
فلوريد F	1.5	−1.5 [5](0.7)	1.5	2	1.5
بورون B	–	1	5	–	–
سيانيد CN	0.1	–	0.2	–	0.1
الومنيوم AI	0.2	0.2	–	–	–
ارسنك AS	0.05	0.05	0.05	0.05	–
باريوم Ba	–	0.1	1	1	–
كادميوم Cd	0.005	0.005	0.005	0.01	0.001
كروميوم Cr	0.05	0.005	0.05	0.05	–
كوبلت Co	–	–	–	–	0.1
نحاس Cu	1	1(0.1)	1	1	1
حديد Fe	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5
رصاص Pb	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03
منجنيز Mn	0.1	0.05	0.05	0.05	–
زئبق Hg	0.001	0.001	0.001	0.002	0.0005
نيكل Ni	–	0.05	–	–	–
سلينيوم Se	0.01	0.01	0.01	0.01	–
زنك Zn	5	– 0.1 (3)	5	5	1
الملوثات العضوية	مواصفات الصحة العالمية	المواصفات الااوروبية	المواصفات الكندية	المواصفات الامريكية	المواصفات الروسية
Oil & Petroleum Products	–	0.01	–	–	0.3
Total Pesticides	–	0.5	0.1	–	–
Individual Pesticides	–	0.1	–	–	–

العنصر أو المادة	مواصفات هيئة الصحة العالمية	المواصفات الاوروبية	المواصفات الكندية	المواصفات الأمريكية	المواصفات الروسية
Aldrin & Dieldrin	0.03	–	0.7	–	–
DDT	1	–	30	–	–
Lindane	3	–	4	0.4	–
Methoxychlor	30	–	100	100	–
Benzene	10	–	–	5	–
Hexachlorobenzene	0.01	–	–	–	–
Pentachlorophenol	10	–	–	–	–
Phenols	–	0.5	2	–	1
Detergents	–	0.2	–	–	0.5
المصدر: موقع منتديات المياه www.almyah.com					

المميزات البيولوجية لمياه الشرب:

توفر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء الظـروف الحياتيـة المناسـبة للاحياء المائية، حيث يحوي الماء الكثير من الكائنات المائية النباتيـة والحيوانيـة الدقيقة والكبيرة بحيث قد يصل اعدادها من مئات الي عدة ملايين في اللتر الواحد، هذا العدد الكبير يكون له مساحة سطحية ذات فعالية كبيرة جدا وتؤثر بصفة اساسية في تحديد نوعية المياه،وتتميز الحياه المائية بالديناميكية والتنوع المسـتمر وتنقسـم الي:

- ◊ حسب موقعها من تحلل المواد العضوية
- ◊ حسب اسلوب التغذية
- ◊ حسب التصنيف البيولوجي

اولاً: حسب حسب موقعها من تحلل المواد العضوية وتنقسم الي:

1. الأحياء المائية المنتجة للمادة العضوية من المواد الغير عضوية:

تتكون عناصر الانتاج من الكائنات الخضراء من الطحالب الخضـــراء بكـــل انواعها الي الاشجار الضخمة المختلفة، ولهذه النباتات سواء البريـــة أو المائيـــة القدرة علي انتاج غذائها بنفسها، حيث تقوم بعملية التمثيل الضوئي تحـــول ثـــاني أكسيد الكربون من الهواء والماء من التربة إلى مركبات عضوبة التي تحتاجهـــا النباتات نفسها أو كائنات حية أخرى في النظام البيئي وعلى هذا فإن النبات كـــائن منتج.

2. الأحياء المائية المستهلكة للمادة العضوية:

وتتكون من الحيوانات بانواعها المختلفة، فلا تســـتطيع هـــذه الحيوانـــات ان تصنع غذائها بنفسها بل تعتمد علي غيرها في ذلك، وعناصر الاستهلاك درجـــات منها الاولي والثانوي والثالثي، فالمستهلك الذي يعتمـــد علـــى المنـــتج (النبـــات) الحيوانات أكلة الأعشاب Herbivores (مثل البقر والماعز) هي مستهلك أولي لهذه النباتات لأنها تتغذى عليها بصفة رئيسية، الحيوانات أكلـــة اللحـــوم Carnivores (مثل الإنسان و الحيوانات الأخرى أكلة اللحوم) هي مستهلك ثانوي لأنهـــا تأكـــل الحيوانات أكلة الأعشاب، وفي كل الحالات تقوم هذه الحيوا نات باستهلاك ما تنتجه عناصر الانتاج.

3. الأحياء المائية المحللة للمادة العضوية:

وتشمل كل ما بتسبب في تحلل لمكونات البيئة الطبيعية المحيطة بها كائنـــات حية مثل البكتريا والفطريات والحشرات وهي تحلل المنتجات الميتة (اجسام النباتات والحيوانات الميتة) إلى عناصرها الكيميائية وإعادتها للنظام البيئـــي ليـــتم إعـــادة استخدامها ثانية بواسطة عناصر الانتاج.

وتصنف المحللات حسب متطلباتها من الأكسجين إلى ثلاثة أنواع:

- الكائنات المحللة الهوائية Aerobes

وتحتاج هذه الكائنات المحللة إلى الأكسجين لاستمرار حياتها ونشاطها.

- الكائنات المحللة اللا هوائية Anaerobes

وتحتاج لاستمرار حياتها ونشاطها، وسطا لا يتوفر فيه الأكسجين (مثل بكتريا الميثان).

- الكائنات المحللة الاختيارية Facultative Anaerobes

وهي كائنات تستطيع أن تكيف نفسها حسب الوسط الذي تعيش فيه، فإذا توفر الأكسجين كانت هوائية، وإذا انعدم أصبحت لا هوائية، مثل بكتريا التربة Aerobacter.

ثانياً: حسب اسلوب التغذية وتنقسم الي:

1. ذاتية التغذية:

وهي التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون كمصدر للكربون فتسمي ذاتية التغذاية Autotrophs.

وهي اما ان تكون ضوئية التمثيل الغذائي حيث تقوم بعملية التمثيل الضوئي تحول ثاني أكسيد الكربون من الهواء والماء من التربة إلى مركبات عضوبة وتحصل علي الطاقة من الطاقة الضوئية للشمس او اي مصدر اخر للضوء وهذه الكائنات تحتوي علي الكلوروفيل الاخضر المسئول عن عملية البناء الضوئي.

واما ان تكون كيميائية التمثيل الغذائية حيث تحصل علي الطاقة اللازمة لبناء المواد العضوية من التفاعلات الكيميائية مثل الاكسدة والاختزال.

2. غير ذاتية التغذية:

وهي الكائنات التي تستخدم الكربون العضوي لبناء انسجة خلاياها تسمي غير ذاتية التغذية Heterotrophs

3-5. تلوث الماء

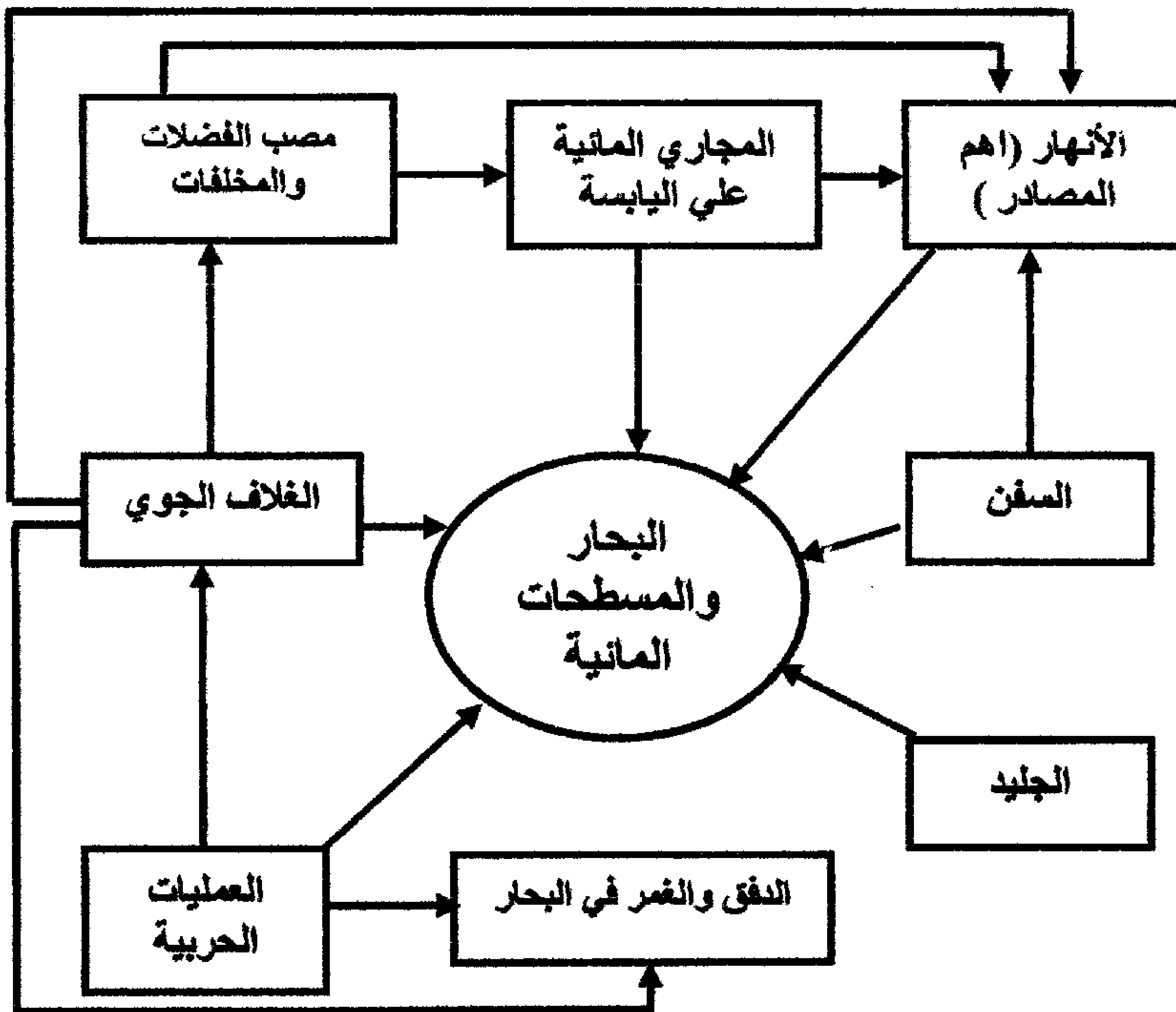
مع زيادة عدد السكان في العالم وزيادة الأنشطة الطبيعية والصناعية للانسان وتنوعها ازداد تلوث الأنهار والبحار والمحيطات حتي وصل هذا التلوث الي درجة

ان الكثير من الأنهار والبحيرات وشواطيء البحارلم تعد قادرة علي التنقية الذاتية. ويقال ان الماء ملوث اذا ما تغير تركيب عناصره، او تغيرت حالته بطريقة مباشرة بفعل الإنسان، بحيث يصبح الماء اقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة له او بعضها.

كما يمكن تعريف تلوث الماء بصورة أخري:

يقال ان الماء ملوث اذا ما احتوي علي مواد غريبة سواء كانت مواد صلبة، او سائلة، او غازية،او كائنات دقيقة مثل البكتريا او الطحالب او الطفيليات، وتغير هذه المواد من الخواص الطبيعية او الكيميائية او البيولوجية للماء، بحيث يصبح غير صالح للشرب اوللاستهلاك المنزلي اوفي الصناعة اوفي الزراعة.

ويبين الشكل التالي طرق وصول الملوثات للبحار والمسطحات المائية.



مخطط لطرق وصول الملوثات للبحار والمسطحات المائية

3-5-1.. ملوثات الماء الطبيعية والكيميائية والبيولوجية

تصاب المياه بالتلوث من مصادر متعددة تتوقف علي نوعيات المياه وخصائص ومواقع المسطحات المائية. واهم مصادر تلوث المياه ما يلي:

- التلوث الطبيعي.
- التلوث الحراري.
- التلوث بالنفط ومشتقاته.
- التلوث بالامطار الحامضية.
- التلوث بالمواد المشعة.
- التلوث بالمبيدات.
- التلوث بالاسمدة والمخصبات الزراعية.
- التلوث بالمخلفات البشرية السائلة (مياه الصرف الصحي).
- التلوث بالمخلفات الصناعية السائلة (مياه الصرف الصناعي).
- التلوث بالكائنات الحية الدقيقة الممرضة.

3-5-1-1. التلوث الطبيعي

التلوث الطبيعي للمياه موجود في كل مكان، وكل زمان، فمخلفات الحيوانات والنباتات تجد طريقها دائماً إلى الماء. فكلما تدفقت المياه الجارية على السطح التقطت فضلات عضوية ورواسب ومواد معدنية. وقد زاد الإنسان من التلوث الطبيعي للمياه عن طريق نشاطاته التي تحد من الغطاء النباتي، مثل قطع الأشجار والغابات، ما يوجد خلل في النظام الأيكولوجي، ويزيد من نسبة الجريان السطحي ووصول الملوثات الطبيعية العضوية والمعدنية إلى الأنهار والبحيرات. ومع أن الملوثات الطبيعية هذه قد لا تكون سامة بشكل مباشر كالطين مثلاُ، إلا أنها تحدث خللاً في النظام البيئي إذ تصبح مياه الأنهار والبحيرات عكرة، ما يقلل من نسبة الأشعة الشمسية التي تخترق داخل الماء وما يترتب عليه من تناقص الإنتاج

النباتي، ومن ثم انخفاض في أعداد الحيوانات في هذه المياه او هجرتها كلياً من هذه المياه إلى أماكن أخرى يوضح تلوث المياه السطحية بفعل انجراف التربة.

والعواصف يمكن ان تولد كميات هائلة من الصرف الذي ينقل الملوثات المختلفة إلى مصادر المياه. كما أن الحرائق تدمر الغطاء النباتي وتسبب التلوث بالرواسب. من جهتها فان الزلازل يمكن أن تعمل على إلحاق الضرر بشبكات الماء والمجاري وقد تعمل على تغيير اتجاه مجرى الجريان في الأنهار.

ومن المعلوم ان الغطاء النباتي علي سطح الكرة الأرضية يحد من التلوث الطبيعي للماء.

3-5-1-2. التلوث الحراري للماء

تعتبر درجة الحرارة من العوامل الرئيسية التي تؤثر علي البيئة المائية وخاصة البحرية منها، فهي تؤثر علي كثافة ولزوجة مياه البحر وتتحكم في حركة التيارات المائية وكمية الغازات الذائبة والاس الهيدروجيني، كما تؤثر علي معدلات نمو الكائنات البحرية المختلفة حيث تزداد هذه المعدلات مع ارتفاع درجة الحرارة، وتقل بانخفاضها ولكن في حدود معينة، وتؤثر درجة الحرارة كذلك علي الفترات اللازمة لفقس البيض وسرعة نمو اليرقات ومواسم التزاوج والتوالد، وايضا تؤثر علي التوزيع المكاني للكائنات البحرية.وتقسم الكائنات البحرية حسب قدرتها علي تحمل التغيرات في درجات الحرارة الي قسمين:

1- الكائنات التي تتحمل اختلافات كبيرة في درجة حرارة مياه البحر Eury –thermal.

2- الكائنات التي لا تتحمل اختلافات كبيرة في درجة حرارة مياه البحر Steno –thermal. وهذه بدورها تنقسم الي نوعين:

أ- كائنات تتحمل البرودة فقط Steno- thermal cold

ب- كائنات تتحمل الحرارة المرتفعة فقط Steno-thermal wormth

يقترن وجود التلوث الحراري بمحطات توليد الطاقة الكهربائية والمصانع الضخمة، التي تحتاج إلى مياه بكميات كبيرة لعمليات التبريد يتم تصريفها بعد رفع درجة حرارتها إلى مياه الأنهار والبحيرات. وقد يكون تأثير رفع درجة حرارة المياه على الحياة النباتية والحيوانية أكبر بكثير من تأثير المواد الناتجة عن المصانع ومحطات توليد الطاقة نفسها، لأن ارتفاع درجة حرارة المياه يؤدي إلى خلل بالتوازن الطبيعي يتمثل في:

(1) تغير الخواص الطبيعية للمياه خاصة مدى ذوبان الغازات في الماء التي تنخفض مع زيادة درجة حرارة الماء ما يؤدي إلى انخفاض محتوى الماء من الأكسجين المذاب في الماء وبالتالي انخفاض في كثافة الكائنات الحية المائية.

(2) يتأثر نشاط الكائنات الحية بارتفاع درجة حرارة الماء، إذ أنه يتضاعف معدل التفاعلات الكيميائية، كلما ارتفعت درجة حرارة الماء عشر درجات مؤية. ويمكن للكائنات الحية، ذات الدم الحار Worm Blooded، أن تتكيف مع ارتفاع درجة الماء، عن طريق الميكانيكية المنظمة لحرارة الجسم، أما بالنسبة للكائنات الحية المائية ذات الدم البارد Cold Blooded، مثل الأسماك، فأنها لا تمتلك الآلية المنظمة لحرارة الجسم. لذا نجد أن ارتفاع درجة حرارة الماء، يؤدي الى الاسراع بجميع العمليات الحيوية، وهذا يعني زيادة نشاط هذه الكائنات ذات الدم البارد، وما يترتب عليه من زيادة في سرعة عملية التنفس، وبالتالي زيادة الطلب على الأكسجين المذاب في الماء الذي تقل نسبته في الماء مع ارتفاع درجة حرارة الماء. فنجد مثلا أن سمك التراوت Trout، يعيش بشكل طبيعي، عندما تكون درجة حرارة الماء ما بين 4.5-9 درجات مئوية، أما إذا ارتفعت درجة حرارة الماء إلى ما بين 9-15 درجة مئوية،فإن هذا النوع من الأسماك يصبح غير قادر على التقاط غذائه، لأن حاجته للغذاء ترتفع كثيرا لكي تحافظ على معدل أيض Metabolic مرتفع في الماء الحار. ويموت سمك التراوت، عندما تزيد درجة حرارة الماء إلى 25 درجة مئوية.

وهناك العديد من الحالات التي أدى ارتفاع درجة حرارة المياه، بسبب التلوث الحراري، إلى هجرة، او إبادة، الكائنات الحية، التي كانت تعيش في هذه المياه بصورة طبيعية متوازنة. وفي بعض الأحيان، يؤدي ارتفاع درجة حرارة المياه، إلى اختلال للتوازن الحيوي، وذلك عندما يتسبب ارتفاع درجة حرارة الماء، إلى نمو أنواع جديدة من النباتات، لم تكن موجودة من قبل في هذه البيئة، على حساب النباتات الأصلية، لأن درجة حرارة المياه الجديدة أكثر ملاءمة لهذه الأنواع. وهذا ينعكس على الحياة الحيوانية، التي قد لا تستطيع أن تعيش على هذه الأنواع الجديدة من النباتات. وفي أحيانا أخرى، قد يؤدي ارتفاع درجة حرارة المياه، إلى هجرة الكائنات الحية، إلى مناطق جديدة، او إلى خلل في حلقة تكاثر هذه الكائنات الحية، مما يسبب تناقصا في أعدادها، وبالتالي زيادة في كثافة النباتات التي كانت تتغذى عليها هذه الكائنات الحية. وهذه الزيادة في كثافة النباتات، تؤدي إلى زيادة الخلل في لتوازن الحيوي في هذه البيئة المائية، عن طريق حجب جزء من الأشعة الشمسية عن النباتات والحيوانات، التي تعيش إلى الأسفل من هذه النباتات.

مصادر التلوث الحراري:

مصادر رئيسية: مثل صناعات الطاقة الكهربائية بنوعيها النووي والحراري.

مصادر ثانوية: مثل صناعة الحديد والصلب-صناعة الورق – مصافي تكرير النفط وغيرها.

اولاً: المصادر الرئيسية للتلوث الحراري:

– محطات توليد الطاقة الكهربية:

إن عملية توليد او إنتاج الطاقة الكهربائية في الحقيقة هي عملية تحويل الطاقة من شكل إلى آخر حسب مصادر الطاقة المتوفرة في مراكز الطلب على الطاقة الكهربائية وحسب الكميات المطلوبة لهذه الطاقة، الأمر الذي يحدد أنواع

محطات التوليد وكذلك أنواع الاستهلاك وأنواع الوقود ومصادره كلها تؤثر في تحديد نوع المحطة ومكأنها وطاقتها.

أنواع محطات التوليد:

1) محطات التوليد البخارية.
2) محطات التوليد النووية.
3) محطات التوليد المائية.
4) محطات التوليد من المد والجزر
5) محطات التوليد ذات الاحتراق الداخلي (ديزل – غازية).
6) محطات التوليد بواسطة الرياح.
7) محطات التوليد بالطاقة الشمسية.

تنشأ هذه المحطات على مقربة من الموارد المائية وذلك لعظم كميات المياه التي تحتاجها هذه المحطات للتبريد. ويتم استخدام مياه البحر بجميع المبادلات الحرارية لغرض تكثيف البخار بالمحطات البخارية ولأغراض التبريد بالمحطات البخارية والغازية وتكتسب هذه المياه الداخلة في عملية التبريد درجة حرارة عالية عند خروجها وتصرف إلى البحر وهذا يسبب ظاهرة التلوث الحراري لمياه البحر حيث يبلغ معدل المياه المستعملة في عمليات التبريد في دولة متوسطة مثل ليبيا حوالي 4،800،000 متر مكعب/يوم.

غالبًا ما تكون الكفاءة الحرارية لمحطات الطاقة النووية أقل من تلك التي تستخدم الوقود الاحفوري وعليه فإن الحرارة المتبددة في مياه التبريد من هذه المحطات ستكون كبيرة ويرجع انخفاض كفاءة المحطات النووية إلى سببين رئيسيين: الكفاءة في التوليد والأمر الآخر يتعلق بمحطات الوقود الاحفوري حيث يتم طرح جزء من هذه الحرارة إلى الجو عن طريق المداخن في حين يتعذر ذلك في المحطات النووية لاعتبارات بيئية وحذرًا من التسرب الأشعاعي وبسبب هذين

العاملين فإن محطة توليد الطاقة الكهربائية النووية تطرح 50% من الطاقة الحرارية إلى الموارد المائية أكثر من نظيرتها التي تستخدم الوقود الاحفوري.

وللتغلب على هذة المشكلة وضعت بعض الدول قوانين خاصة تلزم هذه المحطات بتبريد المياة الساخنة قبل القائها فى البحار او البحيرات كما ان بعض المحطات انشأت لها بحيرات صناعية تستخدمها لاغراض التبريد.

3-5-1-3. التلوث بالنفط ومشتقاته

أصبحت مياه وقاع البحار والمحيطات مستودع لملوثات ونفايات العالم الصلبة والسائلة وكذلك الغازية (بعد ذوبأنها في مياه الامطار والمحيطات)، ويعد التلوث البترولي للبحار والمحيطات من اشد انواع التلوث للبيئة المائية.

يعرف النفط او البترول بأنه مخلوط مركب من الهيدروكربونات، يوجد في الأرض في الصور الصلبة والسائلة والغازية، ولكن المصطلح يطلق عادة علي الصورة السائلة والتي تسمي بالزيت الخام، دون الغاز الطبيعي، او الصورة اللزجة، او الصورة الصلبة المعروفة بالبيتومين او الاسفلت.

اصبحت البتروكيماويات المشتقة من البترول مصدر كثير من المنتجات الكيمائية، كالمذيبات ومواد الطلاء والبلاستيك والمطاط الصناعي والالياف الصناعية والصابون والمنظفات والشمع، والمتفجرات والأسمدة.

تشكل المركبات الهيدروكربونية النسبة العظمى من الملوثات الموجودة في مياه الصرف الناتجة عن الصناعات البترولية، ويضاف لها بعض المركبات الأخرى منها: المركبات العضوية (كحمض السلفونيك) - والمركبات الكبرتيية - وأملاح الصوديوم.

وفيما يلي نورد اهم الأسباب التي تؤدي الي تلوث الماء بالنفط:

- حوادث ناقلات النفط الغير متعمدة.
- تفريغ مياه التوازن التي تعبأ بها الناقلات وهي فارغة.

- تسرب النفط اثناء تحميل وتفريغ الناقلات.
- تسرب النفط نتيجة كسر الانابيب والخزانات النفطية.
- النفط المتسرب نتيجة الحفر في قيعان البحار وما يصاحبها من حوادث.
- طرح مخلفات مصافي النفط ومعامل التكرير الشاطئية ومصانع البتروكيماويات.
- الهجوم علي المنشأت النفطية والناقلات اثناء الحروب.
- النفايات والمخلفات النفطية التي تلقيها ناقلات النفط.

ويمكن تصنيف أسباب التلوث النفطي للماء إلى حوادث متعمدة وغير متعمدة.

التلوث غير المتعمد: ويشمل حوادث الناقلات وحوادث انفجار الأنابيب النفطية. فعلى سبيل المثال ما يلي:

- حادث ناقلة النفط اليونانية بوتيانا قرب دبي.
- حادث الناقلة تشيري دياك غرب جزيرة داس في الإمارات.
- انفجار أحد الحقول النفطية البحرية السعودية في نوفمبر عام 1981 والذي نجم عنه تدفق حوالي 80 ألف برميل وكونت بقعة زيتية بلغ طولها 95 كم وصلت الشواطئ القطرية والبحرينية.
- حادث انفجار أنابيب النفط في الاحمدي (الكويت) عام 1982.

التلوث المتعمد: ويشمل إلقاء المخلفات النفطية من صهاريج النفط ونفايات محطات تكرير النفط.

(1) إلقاء المخلفات النفطية من صهاريج النفط:

تقوم صهاريج نقل النفط، بعد تفريغها لحمولتها من النفط، بملئ حوالى 30% من سعة الصهريج بماء البحر، من أجل حفظ توازن الناقلة، اثناء رحلة العودة إلى ميناء الشحن. ونظرا لأنه لا يمكن تفريغ كامل حمولة الصهريج من النفط، بنسبة 100% في ميناء التفريغ، فأنه يتبقى في هذه الصهاريج ما يقارب 1-1.5% من

حمولتها الأصلية من النفط. وهذا القدر المتبقي من النفط في الصهريج بعد تفريغ الحمولة، يختلط مع الماء، الذي وضع في الصهريج من أجل حفظ التوازن إثناء رحلة العودة، ومن ثم يلقى في البحر، عندما يفرغ ماء التوازن عند ميناء الشحن. وعند الأخذ بالحسبان العدد الكبير لصهاريج نقل النفط، التي تفعل ذلك كل يوم، يتضح لنا مدى خطورة هذا النوع من تلوث مياه البحر بالنفط، في مناطق شحن النفط.

(2) نفايات محطات تكرير النفط:

تعد محطات تكرير النفط من أهم مصادر تلوث المياه بالنفط، إذ تقدر كمية النفط الملقاة في البحر الأبيض المتوسط وحده، من خمسين محطة تكرير فقط، بحوالي 20 ألف طن من النفط سنويا.

ومن امثلة هذا النوع من التلوث المتعمد ذلك ما يلي:

- تسرب النفط من حقول نوروز البحرية عام 1983.
- تسرب النفط من حقول الاحمدي نتيجة حرب 1991، وأدى هذا التسرب إلى حدوث دمار بيئي كبير اثر على الشواطئ الجنوبية للكويت والساحل السعودي بما تتضمن هذه السواحل من بيئات ايكولوجية هامة مثل الشعاب المرجانية وتجمعات الطيور والثروة السمكية.

3-5 -1- 4. التلوث المائي بالمواد المشعة

يمكن أن يكون هذا النوع من التلوث طبيعيا او من صنع الإنسان. تنتج الملوثات من المعامل والمستشفيات ومن مناجم اليورانيوم او قد تصدر من نظائر مشعة تحدث طبيعيا في الماء مثل الرادون. يتراكم الإشعاع في الجسم ويكون الأطفال اكثر عرضة وحساسية للتأثيرات الصادرة عن هذا الإشعاع. يسبب الإشعاع الإصابة بالسرطان وعند حصوله بمستويات عالية يؤدي إلى الوفاة.

المصادر الطبيعية للمواد المشعة:

تشمل المصادر الطبيعية ما يلي:

- الاشعه الكونية
- الإشعاعات الناتجة من التربة
- المواد المشعة الموجودة في الطعام وداخل جسم الإنسان.

الإشعاعات المستخدمة او الاصطناعية:

- الإشعاعات المستخدمة في مجال العلوم الصحية
- المفاعلات النووية
- ألاسلحة النووية
- مصادر أخرى

خطورة المواد المشعة:

ترجع خطورة التلوث الأشعاعي الي الاثار السيئة للاشعاع في كونه يتراكم حيويا داخل اجسام الكائنات المائية، الي ان يصل تركيزها فيها الي مستويات عالية.وتصل في النهاية للانسان عبر السلاسل الغذائية، مسببة له اخطر الامراض، هذا بالاضافة الي تأثيرها المباشر علي الحياه المائية.

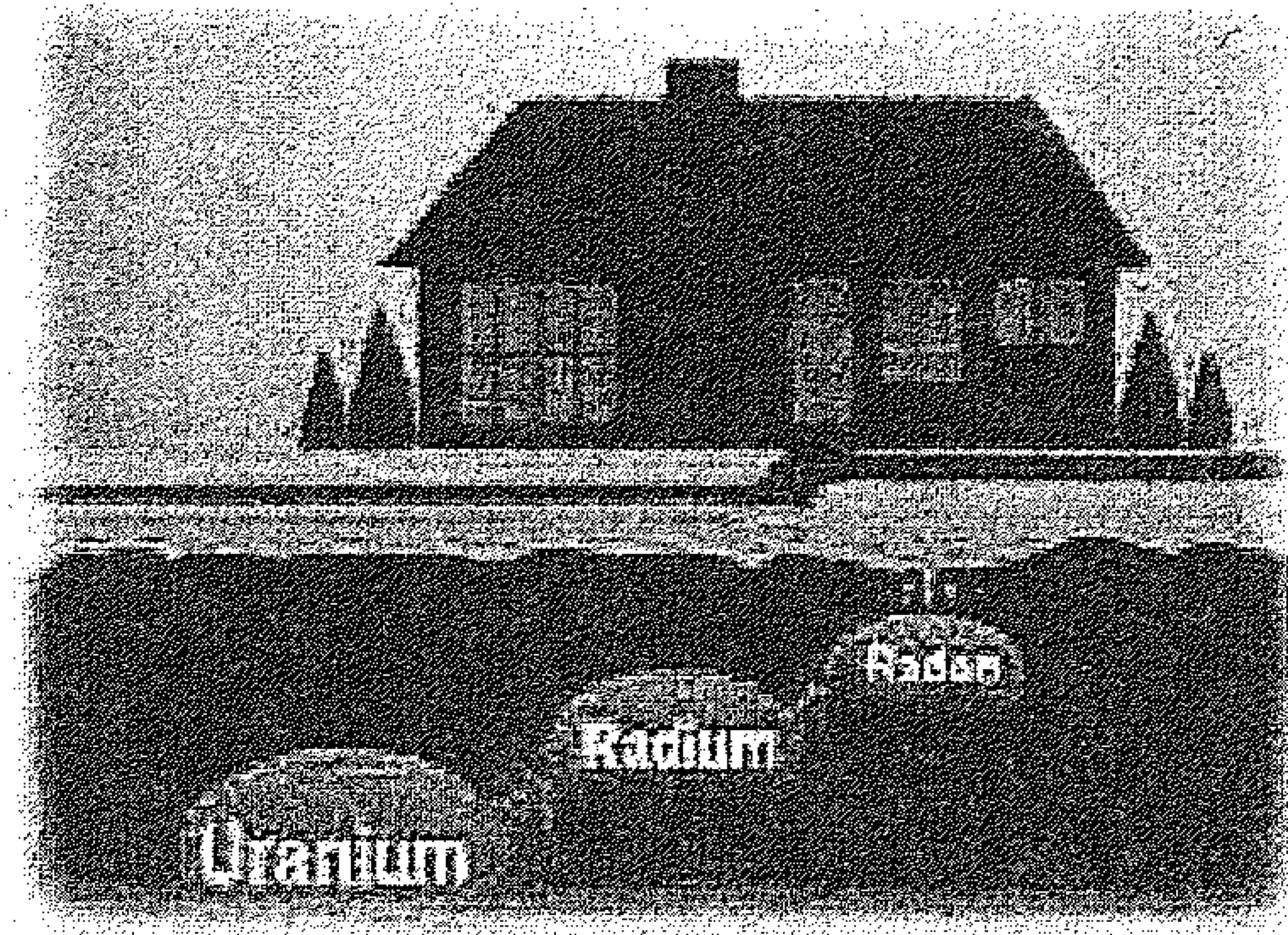
وعندما تصل المواد المشعة الي جسم الإنسان فأنها تتراكم وتستقر باعضاء معينة فيه، وتختلف كمية ألاشعاع من عضو لاخر بجسم الإنسان، فمثلا تزداد كمية الإشعاعات الطبيعية في الرئة عنها في نخاع العظام، وتجدر الاشاره إلى أن رئات المدخنين تحتوي على قدر اكبر من المواد المشعة وذلك بالمقارنة برئات غير المدخنين، ويعتبر ارتفاع نسبة المواد المشعة في رئة المدخن من أهم أسباب الاصابة بسرطان الرئة.

تلوث الهواء والمياه بالرادون:

الرادون هو أحد العناصر النبيلة، رمزه الكيميائيRn ،وعـــدده الـــذري 86، وهو غاز مشع عديم اللون والطعم والرائحة، سريع الحركة. وهو أحد نواتج عملية التحلل الإشعاعي لليورانيوم، إذ يبلغ عمر النصف لليورانيوم 4.5 بليون سنة، فيمـــا يبلغ عمر النصف للرادون 3.8 يوم. يطلق 2 جسيمات الفا ويتحول الى البولونيوم وكذلك البولومنيوم يتحول الى رصاص بعد إطلاقة 2 ألفا.

يدخل الرادون الى الرئة عن طريق أستنشاق الهواء الملــوث أو الأســـتحمام بالماء الملوث بالرادون وخاصة مياه الأبار والمياه الراكدة.

تصاحب عملية تحلل الرادون إطلاق جسيمات ألفا التي تصيب الرئة وتؤدي في نهاية المطاف الى سرطانتها.



صورة تبين تحلل اليورانيوم الي الراديم والرادون

مياه الفضلات المشعة:

تتعدم عملية التنقية الذاتية أو الطبيعية لمياه الفضلات المشعة، حيث يمكن ان تمتص جذور النباتات والكائنات الحية النباتية هذه المياه وبالتالي تتراكم الملوثـــات الاشعاعية داخل هذه الكائنات الحية.

وغالبا لا يتم طرح المياه المحتوية علي مواد مشعة الي المسطحات المائيـــة، فعادة يتم تركيز هذه المياه ثم توضع في عبوات خراسانية ثم تدفن علـــي اعمـــاق

بعيدة داخل الارض قي الطبقات الصخرية الملحية لان هذه الصخور عادة لاتحتوي علي مياه جوفية يخشي تلوثها بالمواد المشعة، ويراعي ان يكون موقع الدفن بعيدا عن التجمعات السكانية. والاماكن الاكثر ملائمة للدفن العميق هي المناجم المهجورة والبعيدة عن السكان والمياه الجوفية. وتعد طريقة الدفن مكلفة نسبيا، ويمكن استعمال طريقة التركيز او التخفيف ثم التخزين في ازالة المواد المشعة من المياه. وطرق تركيز المياه تشمل:

التبادل الايوني، والترسيب الكيميائي، والترسيب بالجاذبية، والترشيح والفصل البيولوجي والتبخير، والحرق ، ثم تخزن المادة المشهة المركزة. وقد تتم معالجة المياه لازالة المواد المشعة منها فالترشيح يزيل فقط المواد المشعة المتحدة مع المواد العالقة. والمعالجة الكيميائية القلوية بالصودا الكاوية تزيل معظم المواد المشعة، ويعد التقطير من اكثر الطرق فعالية لازالة المواد المشعة من الماء.وملخص عمليات المعالجة يتم كالاتي:

تمرر النفايات علي حوض ترسيب اولي حيث يتم ترسيب جزء منها باضافة مادة معينة تساعد علي الترسيب (ترسيب فيزيائي).

ثم تذهب الي حوض ترسيب ثاني حيث يتم ترسيب جزء اخر باضافة املاح الباريوم واضافة مواد قلوية لظبط الاس الهيدروجيني لاتمام عملية الترسيب.

وهناك وهناك حوض ترسيب ثالث يضاف اليه بعض البوليمرات التي تساعد علي الترقيد والترسيب الكيميائي.

وتمر المياه بعد ذلك الي خرطوشة ترشيح ليتم حجز وترشيح مواد اكثر دقة وتخرج المياه المعالجة بعد ذلك لصرفها او اعادة استعمالها.

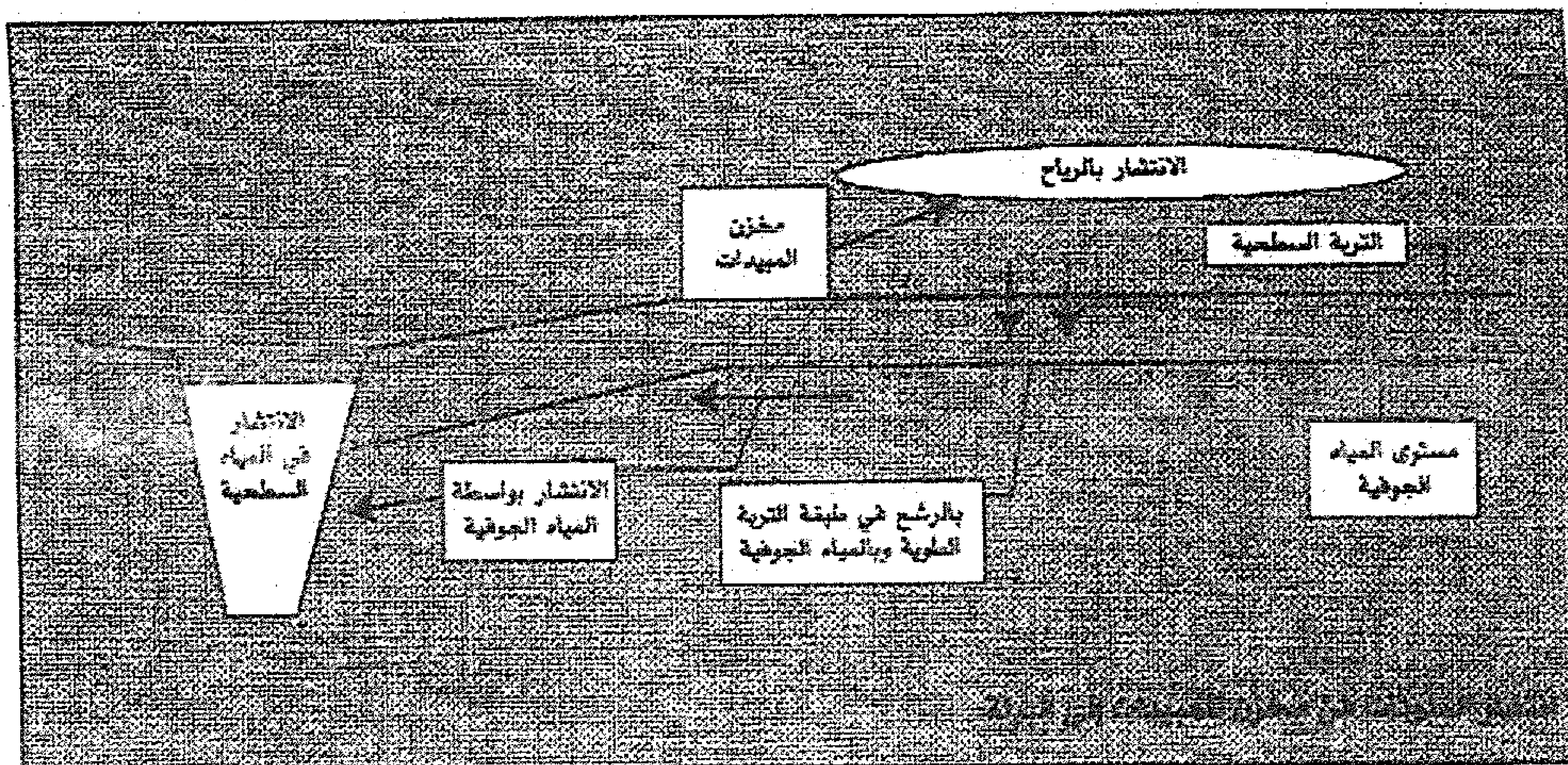
5-1-5-3. التلوث المائي بالمبيدات

المبيد، أي مادة او خليط من المواد يكون الغرض منه الوقاية من أية آفة او القضاء عليها او مكافحتها، بما في ذلك ناقلات الأمراض للإنسان او الحيوان، وأنواع النبات او الحيوان غير المرغوبة والتي تحدث ضررا او تتدخل بأي شكل أثناء إنتاج الأغذية او المنتجات الزراعية او الأخشاب او المصنوعات الخشبية او الأعلاف، او أثناء تصنيعها وخزنها ونقلها وتسويقها، وكذلك أي مادة تعطى للحيوانات لمكافحة الحشرات او العناكب او غيرها من الآفات الموجودة في الحيوانات او على أجسامها. ويشمل هذا التعبير المواد التي تستخدم لتنظيم نمو النبات او إسقاط اوراقه او تجفيفه او تخفيف أشجار الفاكهة او لوقاية الفاكهة من السقوط قبل اوأنها، وكذلك المواد التي تستعمل في المحاصيل، سواء قبل حصادها او بعده، لوقاية المحصول من التدهور أثناء التخزين او النقل.

ومن المعروف ان المبيدات هي مواد كيميائية سامة يجب تداولها بحرص وهي كلمة عامة تعني الابادة.

تنقسم هذه المبيدات من حيث استقرارها في مكان التلوث إلى:

- مبيدات تستقر في مكان التلوث لفترة طويلة.
- مبيدات تستقر لفترة متوسطة.
- مركبات لا تستقر في التربة والماء.



منظمة الاغذية والزراعة للامم المتحدة – بنك المعلومات الزراعية

اضرار المبيدات علي البيئة والإنسان

يمكن اجمال اضرار المبيدات علي البيئة والإنسان في النقاط الاتية:

1. تلوث الماء والهواء والتربة.
2. ثبات المبيدات مدة طويلة بالبيئة.
3. اكتساب الافات مقاومة ضد المبيدات.
4. الاضرار بالكائنات الحية المفيدة للتربة.
5. قتل وتسميم جماعي للطيور والاسماك.
6. التأثير السلبي علي التنوع الحيوي للحيوانات والنباتات.
7. التراكم الحيوي: حيث تتراكم المبيدات داخل الكائنات ويزداد معدل التراكم كلما ارتفعنا في سلم الهرم الغذائي.
8. تسمم الغذاء بمتبقيات المبيدات مما يزيد من محيط الخطورة.
9. التأثيرا طويلة الامد علي الصحة البشرية.
10. امتداد خطورة المبيدات علي الاجنة داخل أرحام الامهات.

11. وتبين أن المبيدات الحشرية الكيماوية تتسبب في قتل الكثير من الأحياء الدقيقة التي تستوطن التربة، والتي تسهم في تحليل المواد العضوية والمخلّفات النباتية التي ينتج عنها العناصر الحية المكونة للتربة الزراعية، فإن الكائنات الحية الدقيقة لها دورها المهم في التوازن الطبيعي للبيئة، فهي تسهم في تنقية الماء في كثير من عوامل التلوث، ذلك لأنها تساعد على الحفاظ على نسبة الاوكسجين الذائب في الماء.

3-5-1-6. التلوث بالاسمدة والمخصبات الزراعية

تزايد الطلب علي الغذاء في جميع انحاء العالم نتيجة الزيادة السكانية الهائلة، مما دفع المزارعين الي استخدام انواع مختلفة من المخصبات الزراعية (مثل الأسمدة الفوسفاتية والأسمدة الازوتية وغيرها) لزيادة خصوبة التربة المتاحة لهم وزيادة انتاجها من المحاصيل المختلفة والتي يعتمد عليها الإنسان في حياته، وعند استخدام تلك المخصبات الزراعية بطريقة غير محسوبة فان جزء كبير منها قد يتبقي في التربة مسببا تلوثا لها، وهذا الجزء المتبقي يكون زائدا عن حاجة النبات وهو يعد اسرافا ليس له مبرر من الناحية الاقتصادية.

والتربة الملوثة ببقايا المخصبات الزراعية تسبب كثيرا من الاضرار للبيئة المحيطة بهذه التربة، فعند ري التربة المحتوية علي قدر زائد من المخصبات الزراعية فان جزء منه يذوب في مياه الري. ويتم غسله من التربة بمرور الوقت حتي يصل في نهاية الامر الي المياه الجوفية في باطن الأرض ويرفع بذلك مسبة كل من مركبات الفوسفات والنترات في هذه المياه، كما تقوم مياه الأمطار بحمل ما تبقي في التربة من هذه المركبات، ويشترك بذلك كل من مياه الصرف الزراعية والمياه الجوفية ومياه الأمطار في نقل هذه المخصبات التي تبقت في التربة الي المجاري المائية المجاورة للارض الزراعية مثل الأنهار والبحيرات.

ويمكن تصنيف الأسمدة إلـــى مجمــوعتين، الأســمدة الطبيعيـــة والأســـمدة الاصطناعية. وتتضمن الأسمدة الاصــطناعية أنواعـــا مختلفـــة طبقـــاً لتركيبتهـــا الكيميائية، الحالة الفيزيائية ودرجة ذوبأنها فى الماء. ويتم تقســيم الأســمدة طبقـــاً للتركيبة الكيميائية إلى ثلاث مجموعات رئيسية كما يلى:

- الأسمدة الفوسفاتية وتحتوى على الفوسفور كعنصر أساسى يعبر عنها بـــالرمز $P_2O_5\%$.
- الأسمدة النيتروجينية (الآزوتية) وتحتوى على النيتـــروجين كعنصـــر أساســـى ويعبر عنها بـــ $N_2\%$.
- الأسمدة البوتاسيومية وتحتـــوى علـــــى البوتـــــاسيوم كعنصر أساسى ويعبر عنها بـــ K_2O.

وبالإضافة إلى الأسمدة الأحادية التى تحتوى على مغذٍ وحيد (النيتروجين او الفسفور او البوتاسيوم، هناك أسمدة مركبة تحتوى على اثنين او ثلاثة من المغذيات النباتية الرئيسية (النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم). وتتوافر أنواع كثيرة جداً من الأسمدة المركبة طبقاً لمحتوياتها من المغذيات. ويتم كذلك إنتاج الأسمدة السائلة فى جميع أنحاء العالم بما فى ذلك مئات الأشكال التى تحوى مغذٍ او أكثر مـــع نســـبة ضئيلة من عناصر أخرى.

وتعد مركبات الفوسفات من اهم المركبات التي تلوث مياه المجاري المائيـــة وتؤدي زيادة نسبتها الي الاضرار بحياه كثير من الكتئنات الحية التي تعيش في تلك المجاري المائية ومن الاضرار التي تسببها المخصبات الزراعية الفوسفاتية الزائدة عن حاجة النبات ما يلي:

1- عندما تنساب كميات كبيرة من المركبات الفوسفاتية إلى أنظمة الميـــاه حيـــث تعمل على تحفيز النمو الزائد للطحالب.، اي زيادة في نمو الطحالب وتكاثرها، إلى حد لا تستطيع الحيوانات الصغيرة وغيرها في البحيـــرة اســـتهلاك هـــذه

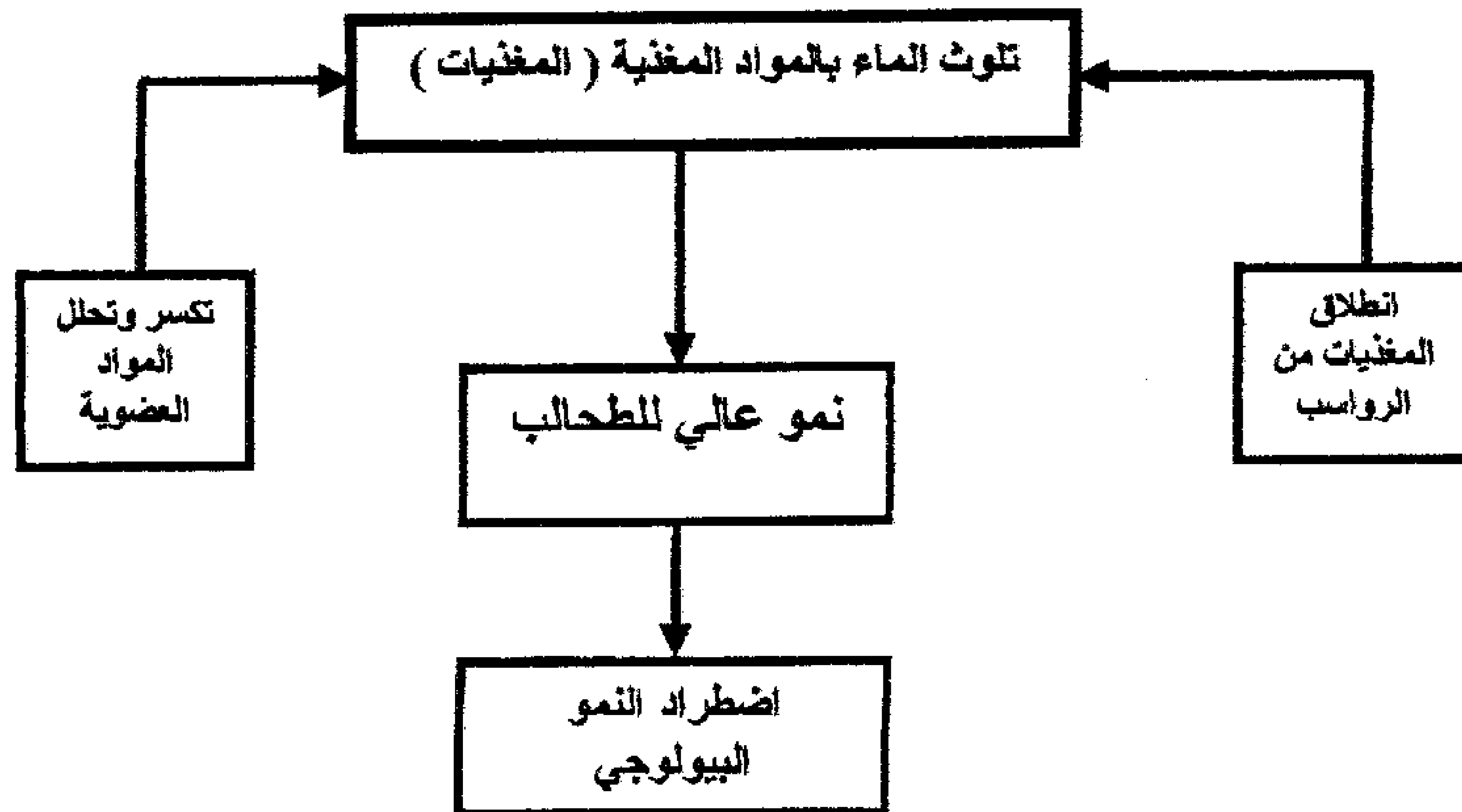
الكميات من الطحالب، ما يجعل قدر كبير من هذه الطحالب يموت ويرسب في قاع البحيرة، ليتم تحلله هناك.

ويتطلب تحلل بقايا الطحالب المترسبة في قاع البحيرة نسبة عالية من الأكسجين المذاب في الماء. ويتم هذه الطلب الزائد على الأكسجين المذاب في الماء على حساب احتياجات الحيوانات المائية في البحيرة، ما يجبر هذه الحيوانات للهجرة من البحيرة التي تدنت فيها نسبة الأكسجين المذاب.

وكلما اختفت او هاجرت الحيوانات من البحيرة، ازداد نمو وتكاثر الطحالب، بسبب عدم وجود من يستهلكها. وبهذه الطريقة يتسارع تكاثر الطحالب في البحيرة وهجرة الحيوانات منها، ما يسبب انقطاعاً في السلسلة الغذائية لنظام البحيرة. ويعرفهذا الخلل في النظام البيئي علمياً، باسم اضطراد النمو البيولوجي Eutrophication. ونتيجة لموت معظم الكائنات الحية داخل البحيرة تتحول البحيرة الي مستنقع ويقتصر المشاط الحيوي به علي الكائنات الدقيقة اللاهوائية.

2- ان الكميات الزائدة من المخصبات المحتوية علي الفوسفات قد تؤدي الي ترسيب بعض الفلزات النادرة التي توجد في التربة الزراعية والتي يحتاجها النبات في نموه وتحويلها الي مواد لاتذوب في الماء، ويترتب علي ذلك ان مثل هذ الفلزات الهامة تصبح بعيدة عن متناول جذور النباتات، مما يؤدي في نهاية الامر الي بعض النقص في نمو النبات.

ومثال لذلك فقد ادي الاسراف في استخدام المركبات الفوسفاتية في احد الحقول الي ترسيب اثار فلز النحاس الموجودة في التربة (والتي تقدر عادة بعدة اجزاء من المليون) وترتب علي ذلك ان ثمار الطماطم التي نمت في هذا الحقل جاءت خالية من الصبغة الحمراء المميزة لها (لنقص عنصر النحاس) واصبح لونها مائلا للصفرة.



شكل 3-6 مخطط يبين تأثير تلوث الماء بالمغذيات علي النظام البيئي

3-5-1-7. التلوث بالمخلفات البشرية السائلة (مياه الصرف)

تعتبر مياه الصرف الصحي (المجاري) واحدة من أخطر الملوثات للبيئة المائية وذلك لتسببها لكثير من المشاكل الخطرة علي الصحة العامة في معظم دول العالم الثالث، لأن أغلب هذه الدول ليس لديها شبكة صرف صحي متكاملة، بل في بعض المدن الكبيرة لا توجد شبكة صرف صحي وأكبر مثال علي ذلك مدينة جدة. والمشكلة الكبرى عندما تلقي المدن الساحلية مياه الصرف الصحي في البحار دون معالجة مسببة بذلك مشكلة صحية خطيرة. كما أن استخدام الحفر الامتصاصية في الأماكن التي لا يتوفر فيها شبكة صرف صحي له أضراره علي الصحة العامة خاصة إذا تركت مكشوفة او ألقيت مخلفاتها في الأماكن القريبة من المساكن حيث يتوالد البعوض والذباب مما يسبب الكثير من الأمراض بالإضافة إلي استخدام المبيدات المنزلية التي لها أضرارها علي صحة الإنسان.

تحتوي مياه المجاري علي كمية كبيرة من المواد العضوية وأعداد هائلة من الكائنات الحية الدقيقة الهوائية واللاهوائية. وعند وصولها إلى المياه السطحية، تعمل الكائنات الدقيقة الهوائية على استهلاك الاوكسجين لتحليل المواد العضوية مسببة نقصا في الاوكسجين مما يؤدي إلى اختناق الكائنات الحية التي تعيش في البحر

وموتها. عند موتها تبدأ البكتريا او الكائنات الدقيقة اللاهوائية بتحليلها محدثة تعفن وفسادا أخر إلى السابق.

تتوقف درجة فساد المياه السطحية وصلاحيتها للاستعمال علي عدة عوامل منها:

1. سرعة تيار الماء في المجري المائي
2. كمية الاوكسجين الذائب في الماء
3. السرعة التي تستطيع بها بعض أنواع البكتريا تحليل هذه الشوائب والفضلات
4. مدي حجم الشوائب والفضلات التي تلقي في هذا المسطح المائي البحر ونوعيتها.

التنقية الذاتية للمجاري المائية:

تشمل المجاري المائية الأنهار والبحار والبحيرات العذبة، وتتعرض الأنهار والمسطحات المائية عموما الي التلوث الشديد بسبب تصريف المخلفات السائلة بها بطريقة غير قانونية وغير امنة، فهي الوسيلة الأرخص والآسهل رغم وجود القوانين التي تحرم صرف المخلفات بدون معالجة، وتحليل مياه النهر عند نقطة معينة يعطي صورة واضحة لخصائص المياه، وتقدير نسبة وتركيز الأكسجين الذائب في النهر يعطي تصور مبدئي لنوعية المياه وقدرة النهر علي استيعاب المخلفات السائلة، ومن المعروف ان درجة تشبع المياه بالأكسجين هي 9 مجم / لتر عند درجة 20 مئوية وضغط 1013 ملي بار، وتبلغ 8.4 مجم /لتر عند 25 مئوية.

فأذا كان تركيز الأكسجين الذائب في النهر اقل من نصف درجة التشبع كان ذلك دلالة علي تلوث المياه بدرجة كبيرة، حيث يجب ان تكون درجة تركيز الأكسجين أكبر من 75% من درجة التشبع حتي يمكن للنهر استيعاب مخلفات جديدة.

3-5-1-8. التلوث بالمخلفات الصناعية السائلة (مياه الصرف الصناعي)

تعرف المخلفات الصناعية السائلة بأنها المخلفات الناتجة عن النشاط الصناعي والخارجة من عمليات التصنيع المختلفة والتي تكون في صورة سائلة وتحتوي معظم هذه المخلفات علي نسبة كبيرة من المياه وقليل من المواد الصلبة الذائبة وغير الذائبة.

تساهم كثير من الصناعات (مثل صناعات التعدين والورق والنسيج والصباغة وغيرها) في انتاج قدر كبير من المخلفات الصناعية السائلة، ويزداد حجم هذه المخلفات في الدول الصناعية الكبري ومع التقدم الصناعي لكثير من دول العالم وازدياد عدد المنشأت الصناعية في معظم دول العالم النامي والمتقدم، ظهرت مشكلة التخلص من المخلفات الصناعية السائلة الناتجة عن النشاط الصناعي، واتجهت كثير من الشركات الصناعية الي التخلص من مخلفاتها السائلة بصرفها الي المجاري العمومية والتي قد تصرف مياهها المعالجة علي المسطحات المائية المختلفة ومن ثم فأنها تصل مرة اخري للبيئة المائية، وعندما تخلو هذه المياه من المواد السامة الضارة فأنه يمكن مباشرة القاؤها مباشرة في المجاري المائية دون الحاجة الي معالجتها ومثال لذلك: المياه المستخدمة في تبريدالأجهزة الصناعية وهي مياه لا تحتوي الا علي قدر صغير من الشوائب ولا يخشي منها في احداث تلوث بالمجاري المائية، ولكن في اغلب الاحيان فان الامر يحتاج الي معالجة مياه الصرف الصناعي لاحتوائها علي كثير من المواد الكيميائية الضارة بالبيئة المائية وبصحة الإنسان.

وتقدر المواد الكيميائية المعروفة حتي الان والتي تتواجد في مياه الصرف الصناعي باكثر من 70000 مادة كيمائية منها اكثر من 40000 مادة يمكن اعتبارها من المواد الضارة بالبيئة، فمنها ما هو شديد السمية، ومنها ما يمثل خطورة علي الاطفال والسيدات الحوامل ومنها ما يسبب السرطان.

ومياه الصرف الصناعية يختلف وضعها من صناعة لأخرى نتيجة لاختلاف المواد الاولية اللازمة للصناعة والمواد الناتجة او المصنعة.

3-5-1-9. التلوث المائي بالكائنات الممرضة

وينتج هذا التلوث عن ازدياد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض، مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات والديدان في المياه. وتنتج هـذه الملوثـات، فـي الغالب، عن اختلاط فضلات الإنسان والحيوان بالماء، بطريق مباشر عن طريـق صرفها مباشرة في مسطحات المياه العذبة، او المالحة، او عن طريق غير مباشـر عن طريق اختلاطها بماء صرف صحي او زراعي.

كما وإن نمـو الجراثيم والطُفَيليّات والأحياء الدقيقة في المياه يقلل من قيمـة الماء كمصـدرٍ للشـرب او ريٍّ للمحاصيل الزراعية او حتى للسـباحة والترفيـه وما أشبه ذلك او قلّة الضوء الذي يعدّ ضرورياً بالنسبة إلى نمو الأحيـاء النباتيـة المائية كالطحالب والعوالق. بالإضافة إلى أن الطحالب تكوّن من طعام الإنسان.

ويؤدي وجود هذا النوع من التلوث، إلى الإصابة بالعديد من الأمراض. لذا، يجب عدم استخدام هذه المياه في الاغتسال او فـي الشـرب، إلاّ بعـد تعريضـها للمعاملة بالمعقمات المختلفة، مثل الكلور والترشيح بالمرشحات الميكانيكية.

ومن اهم الأسباب التي تؤدي الي انتشار وتكاثر الكائنـات الحيـة الدقيقـة الممرضة في المياه الملوثة هو صرف مخلفات المستشـفيات والمراكـز الطبيـة والعلاجية الي شبكة المجاري العامة دون تعقيم او تطهير لهذه المخلفات مما يؤدي الي انتشار الأمراض المعدية التي تكون المياه الملوثة ناقلة لها.

والجدول التالي يحتوي علي قائمة بالأمراض التي تسببها الكائنات الممرضة التي يمكن ان تتواجد في المياه الملوثة بمخلفات الصرف الصحي والصناعي.

جدول 3-7

قائمة الامراض التي تسببها الكائنات الحية الدقيقة الممرضة والمتواجدة في مياه الصرف الصحي

Diseases associated with pathogenic micro-organisms found in domestic sewage Type	**Disease or syndrome caused**
BACTERIA	
Aeromonas hydrophila	Enteritis (inflammation of the intestine)
Campylobacter	diarrhea،Enteritis
Clostridium perfringens	Enteritis (indicator)
Escherichia coli	diarrhea،Enteritis
Francisella tularensis	Tularemia
Leptospira	meningitis،Jaundice
Listeria monocytogenes	Listeriosis
Mycobacterium	skin،Tuberculosis
Pseudomonas	ear infections،Skin
Salmonella (1700 types)	typhoid،Enteritis
Shigella (4 species)	diarrhea،Enteritis
Staphylococcus aureus	Skin infections
Vibrio cholerae and	skin infections،Cholera
Yersinia enterocolitica	Enteritis

Diseases associated with pathogenic micro-organisms found in domestic sewage Type	**Disease or syndrome caused**
HELMINTHS	
Ascaris lumbricoides	Ascariasis
Ancylostoma duodenale	Hookworm infections
Trichuris trichiura	Trichiuriasis
Taenia	Taeniasis
Toxocara	Abdominal pains
Strongyloides	Abdominal pains
PROTOZOANS	
Entamoeba histolytica	، chronic diarrhea،Enteritis
and coli	liver abscess،dysentery
Giardia lamblia	enteritis،Giardiasis
Cryptosporidium	diarrhea،Enteritis
Ballantidium coli	diarrhea،Enteritis
Naegleria fowleri	Meningoencephalitis
.Acanthamoeba spp	Meningoencephalitis
VIRUSES	
Polioviruses (3 types)	meningitis،Paralysis
Echoviruses (34 types)	diarrhea،Meningitis

Diseases associated with pathogenic micro-organisms found in domestic sewage Type	**Disease or syndrome caused**
Coxsackieviruses A and	chronic fatigue ، conjunctivitis،Meningitis
Hepatitis A and E	Epidemic hepatitis
Enteroviruses 68-71	conjunctivitis،Meningitis
Rotaviruses (+4 types)	Enteritis
Reoviruses (3 types)	respiratory،Enteritis
Adenoviruses (+40	eye and respiratory،Enteritis
Norwalk and like	Gastroenteritis
Caliciviruses and	Enteritis
Coronaviruses	Enteritis
Parvoviruses (2 types)	respiratory in children،Enteritis

3-6. التحكم في تلوث الماء

لقد كانت العمليات الطبيعية التي تحدث في البيئة كافية للتحكم في تلوث الماء كالتنقية الذاتية للأنهار والبحيرات الا أنه مع الزيادة الحادة المطردة في مصادر التلوث وكميته،وتنوع الملوثات التي تلقي في المسطحات المائية، لم تعد العمليات الطبيعية كافية لتنقية الماء. وكان لا بد من تدخل الإنسان للحد من هذه الملوثات الضارة. مما دفع العلماء الي البحث عن طرق ووسائل تكفل التقليل من حجم الملوثات الملقاة، والتحكم في نوعية بعضها، والسيطرة عليها والحد من تاثيراتها

ومن اهم الاساليب التي تقلل من الملوثات التي تصرف علي المسطحات المائية عي معالجة مياه الصرف بنوعيها الصحي والصناعي.

3-6-1. أولا معالجة مياه الصرف الصحي (المخلفات البلدية)

تشمل معالجة المخلفات البلدية والتي تعرف بمياه الصرف الصحي مجموعة من العمليات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية التي يتم فيها إزالة المواد الصلبة والعضوية والكائنات الدقيقة او تقليلها إلى درجة مقبولة، وقد يشمل ذلك إزالة بعض العناصر الغذائية ذات التركيزات العالية مثل الفوسفور والنيتروجين في تلك المياه.

وتكمن الأهداف الرئيسية لمعالجة مياه الصرف الصحي في ما يلي:

- ◊ المحافظة علي المنشأت العمرانية وعلي التربة من خطر وجود المياه طافية
- ◊ وراكدة علي سطح الأرض.
- ◊ منع تلوث البيئة بالكائنات الدقيقة الممرضة كالبكتريا والفيروسات والجراثيم والمخلفات الضارة في مياه الصرف.
- ◊ منع تلوث المياه الجوفية.
- ◊ المحافظة علي مصادر المياه النقية من التلوث بمياه الصرف.
- ◊ استعمال المياه المعالجة في اغراض مختلفة.

ويمكن تقسيم تلك العمليات حسب درجة المعالجة إلى عمليات تمهيدية واولية وثانوية ومتقدمة، وتأتي عملية التطهير للقضاء على الأحياء الدقيقة في نهاية مراحل المعالجة وتتضمن هذه المراحل ما يلي:

1. المعالجة التمهيدية:

تستخدم في هذه المرحلة من المعالجة وسائل لفصل وتقطيع الاجزاء الكبيرة الموجودة في المياه لحماية أجهزة المحطة ومنع انسداد الأنابيب، وتتكون هذه الوسائل من منخل متسع الفتحات وأجهزة سحق وتحتوي هذه المرحلة أحيانا على أحواض اولية للتشبيع بالأكسجين، ومن خلال هذه العملية فأنه يمكن إزالة 5- 10% من

المواد العضوية القابلة للتحلل إضافة إلى 2-20 % من المواد العالقة. ولا تعد هذه النسب من الإزالة كافية الغرض إعادة استعمال المياه في أي نشاط.

2. **المعالجة الاولية (الابتدائية):**

الغرض من هذه المعالجة إزالة المواد العضوية والمواد الصلبة غير العضوية القابلة للفصل من خلال عملية الترسيب. ويمكن في هذه المرحلة من المعالجة إزالة 35-50 % من المواد العضوية القابلة للتحلل إضافة إلى 50-70% من المواد العالقة وحتى هذه الدرجة من المعالجة فإن الماء لا يزال غير صالح للاستعمال. وتحتوي الوحدة الخاصة بالمعالجة الاولية على أحواض للترسيب بالاضافة إلى المرافق الموجدة في وحدة المعالجة التمهيدية وربما تحتوي أيضا على وحدات تغذية لبعض المواد الكيميائية إضافة إلى أجهزة لخلط تلك المواد مع المياه.

3- **المعالجة الثانوية:**

هذه المرحلة من المعالجة عبارة عن تحويل احيائي للمواد العضوية إلى كتل حيوية تزال فيما بعد عن طريق الترسيب في حوض الترسيب الثانوي، وهناك عدة أنواع من المعالجة الثانوية يمكن تقسيمها حسب سرعة تحليل المواد العضوية إلى:

- عمليات عالية المعدل: ومن أمثلتها عملية الحمأة المحفزة Activated sludge process والترشيح بالتنقيط Trickling filter والتلامس الحيوي دائري الحركة Rotating bioloqical contactors.
- عمليات منخفضة المعدل: ومن أمثلتها البحيرات الضحلة ذات التهوية Aerated Lagoons وبرك الاستقرار Stablilization Ponds. ويمكن من خلال المعالجة الثانوية إزالة مايقرب 90 % من المواد القابلة للتحلل إضافة الى 85 % من المواد العالقة.

المعالجة المتقدمة:

يتم تطبيق هذه المرحلة من المعالجة عندما تكون هناك حاجة إلى ما نقي بدرجة عالية ويحتوي هذه المرحلة على عمليات مختلفة لإزالة الملوثات التي لا يمكن إزالتها بالطرق التقليدية سابقة الذكر ومن هذه الملوثات: النتروجين والفوسفور والمواد العضوية والمواد العالقة الصلبة الزائدة إضافة إلى المواد التي يصعب تحللها بسهولة والمواد السامة وتتضمن هذه العمليات ما يلي:

I. التخثر الكيميائي والترسيب: Chemical coagulation & sedimentation التخثر الكيميائي عبارة عن إضافة مواد كيميائية تساعد على إحداث تغير فيزيوكيميائي للجسيمات ينتج عنه تلاصقها مع بعضها وبالتالي تجمعها ومن ثم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لزيادة حجمها وتستخدم. وتستخدم عدة مخثرات كيميائية من أهمها مركبات الحديد والألمونيوم والكالسيوم والبوليمر.

II. الترشيح الرملي: Sand Filtration: عبارة عن عملية تسمح بنفاذ الماء خلال وسط رملي بسماكة لاتقل عن 50 سم ويتم من خلال هذه العملية إزالة معظم الجسيمات العالقة والتي لم يتم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لصغر حجمها إضافة إلى إزالة الموادالصلبة المتبقية بعد عملية التخثر الكيميائي كما أن هذه العملية ضرورية لتنقية المياه قبل معالجتها في عمليات لاحقة مثل الامتصاص الكربوني والتبادل الأيوني والتناضح العكسي.

III. الامتصاص الكربوني: Carbon Adsorption: ويتم في هذه العملية استخدام كربون منشط لإزالة المواد العضوية المذابة حيث يتم تمرير المياه من خلال خزانات تحتوي على الوسط الكربوني ويتم من خلال الكربون المنشط امتصاص المواد العضوية المذابة الموجودة في مياه الفضلات. وبعد تشبع الوسط الكربوني يتم إعادة تنشيطه بواساطه الحرق او استخدام مواد كيميائية.

IV. التبادل الأيوني Ion Exchange من خلال هذه العملية يتم إحلال أيونات معينة في الماء من مادة تبادل غير قابلة للذوبان بأيونات أخرى. وعملية التبادل الأيواني مشابهة لعملية الامتصاص الكربوني إلا أن الاولى تستعمل لأغراض إزالة المواد غير العضوية.

V. التناضح العكسي: Reverse Osmosis: يتم في هذه العملية ضخ الماء تحت ضغط عال من خلال غشاء رقيق ذو فتحات صغيرة جدا يسمح بمرور جزيئات الماء فقط ويمنع مرور جزيئات الأملاح.

5- عملية التطهير:

التطهير هو قتل وتدمير الكائنات الممرضة، وتتم عملية التطهير من خلال حقن محلول الكلور إلى حوض التطهير حيث تتراوح الجرعة ما بين 5-10 مليجرام للتر الواحد وعادة ما تكون فترة التطهير لمدة 15 دقيقة كحد أدنى في حالة عدم استخدامها وفي حالات استخدام المياه في الأغراض الزراعية فإن مدة التطهير تصل إلى 120 دقيقة.

أستخدامات المياه المعالجة:

يمكن استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في عدة أغراض سواء بطريقة مباشرة او غير مباشرة، ويوضح شكل (2) أهم استعمالات تلك المياه. وبصفة عامة فإن نسبة إعادة استعمال المياه المعالجة من قبل القطاعات المختلفة تتمثل في الاتي:

1. أغراض زراعية 60 %
2. أغراض صناعية 30 %
3. أغراض أخرى كتغذية المياه الجوفية 10 %

وتشير بعض المعلومات المحدودة الخاصة بتكاليف معالجة مياه الصرف الصحي للأغراض الزراعية في بعض دول الشرق الاوسط إلى أن تكلفة المعالجة تتراوح ما بين ربع دولار إلى دولار للمتر المكعب.

مزايا استعمال المياه المعالجة:

من محاسن استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة المحافظة علـــى احتيــاطي المياه حيث أن استعمالها في الزراعة او أي استعمالات أخرى بدلا عن المياه الصالحة للشرب يؤدي إلى توفير هذه المياه والتوسع في المساحات الزراعية لا نتاج محاصـــيل متنوعة وبسعر أقل كما يؤدي أيضا إلى التقليل من التكاليف المتعلقة بإنتاج واســتيراد واستعمال الأسمدة بسبب وجود العناصر الضرورية للنبات في تلك المياه والتقليل مــن تكاليف الحصول على المياه في الزراعة خاصة إذا كانت مصادر تلك المياه جوفية.

نقائص استعمال المياه المعالجة:

من مساوي استعمال مياه الصرف المعالجة أنها تسبب مشاكل صحية إذا لم تتم معالجتها بشكل صحيح بسبب وجود أنواع مختلفة من الفيروسات والبكتيريا وغيرهــا إضافة إلى تركيزات عالية من المواد الكيميائية الضارة والسامة (مثل العناصر الثقيلة ومتبقيات المبيدات) التي لا تتم إزالتها في مراحل المعالجة المختلفة قد تسبب أضرارا للنباتات أما في حال استعمالها في تغذية المياه الجوفية وعدم معالجتها بطريقة صحيحة فإنه بالإمكان تلوث تلك المياه كما أنها قد تسبب انسدادا لشبكات الري عند استعمالها.

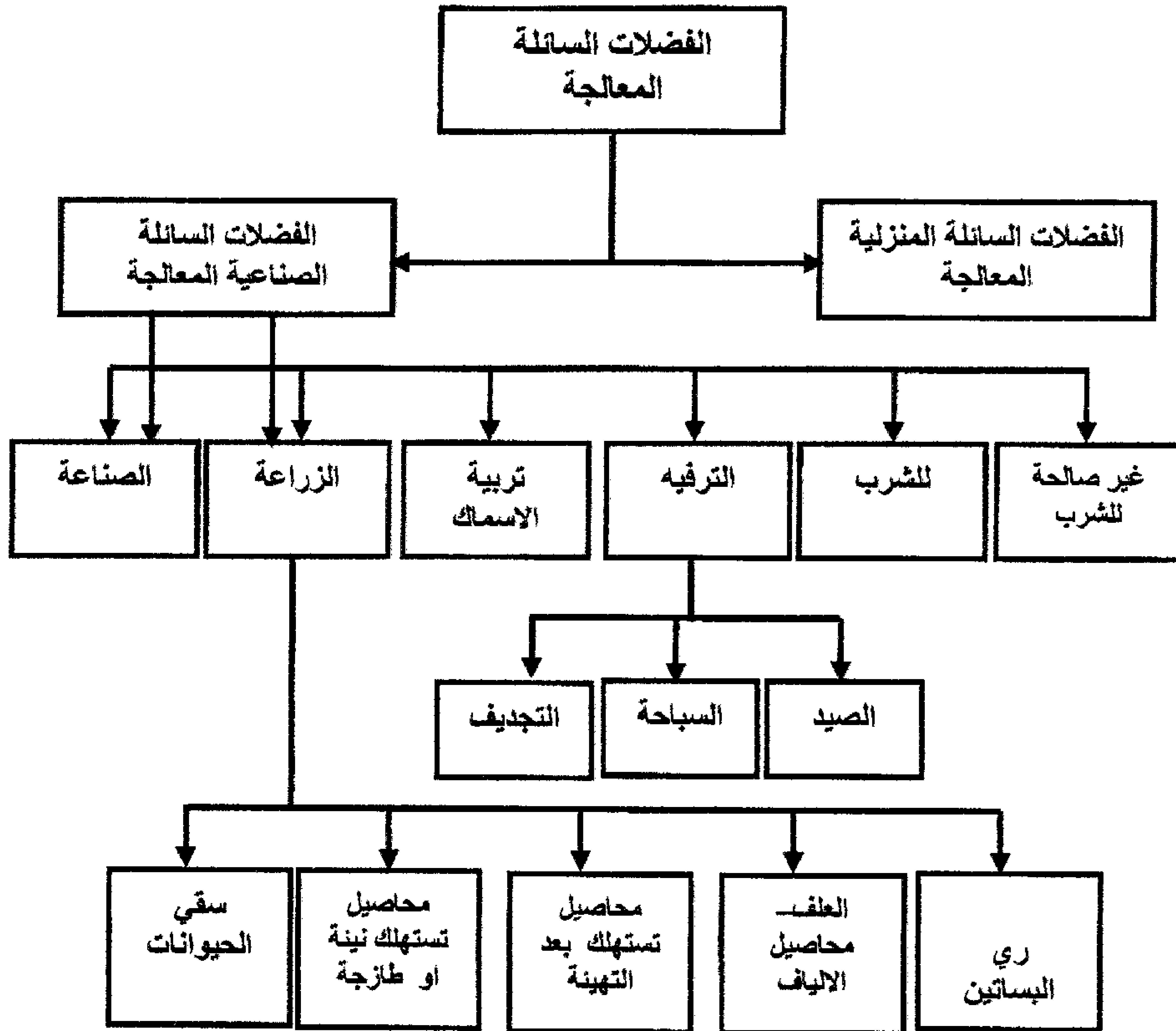
مجالات استخدام المياه المعالجة:

تختلف درجة معالجة مياه الصرف الصحي حسب الاستعمال المطلــوب، وقــد اقترحت منظمة الصحة العالمية طرق معالجة خاصة بالاستعمالات الشائعة لتلك المياه، وتتضمن مجالات استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ما يلي:

1. **الشرب** (تحتاج معالجة رباعية متقدمة لازالة كافة العوامل الملوثة).
2. **المرافق الترفيهية** (تحتاج معالجة ثلاثية متقدمة لازالة معظم العوامــل الملوثة).
3. **الزراعــة** (تحتاج معالجة ثانوية أو ثلاثية ويشترط خلو الماء المعالج من العناصر السامة والضارة والممرضات).

4. **إيقاف انسياب المياه المالحة** (بشحن الخزانات الجوفية بالماء المعالج القريبة من الشواطيء البحرية لمنع تداخل مياه البحر).

ويبين الشكل التالي معظم أستخدامات مياه الصرف الصحي والصناعي المعالجة في الاغراض المختلفة.



شكل 3-9 مخطط لأستخدامات المياه المعالجة

3-6-2. ثانيا معالجة مياه الصرف الصناعي (المخلفات الصناعية السائلة)

تعد معالجة مياه الصرف الصناعي للمخلفات الصناعية للمصانع من اهم وسائل حماية البيئة المائية من التلوث الكيميائي والفيزيائي اذ تحتوي معظم مياه الصرف الصناعي علي الاف المركبات الكيميائية المختلفة والتي تتباين باختلاف

الصناعة نفسها. وقد صنفت معظم الصناعات تبعا لطرق المعالجة الشائعة الي الاقسام التالية:

- صناعات غذائية.
- صناعات كيميائية.
- صناعات هندسية.
- صناعات معدنية وحرارية.

اهم العناصر الضارة المطلوب أزالتها من مياه الصرف الصناعي:

تعد العناصر التالية اهم العناصر المطلوب ازالتها من مياه الصرف الصناعي لخطورتها علي البيئة والانظمة البيئية وخطورتها علي شبكة المجاري العامة وخطورتها علي الصحة:

- ◊ المواد الصلبة
- ◊ الزيوت والشحوم والدهون
- ◊ المواد والمركبات العضوية السامة
- ◊ الفينولات والمركبات الفينولية
- ◊ المنظفات الصناعية
- ◊ المركبات العضوية المتطايرة
- ◊ العناصر الثقيلة
- ◊ المركبات السامة الغير عضوية

العمليات الكيميائية لمعالجة الصرف الصناعي:

Chemical Treatment Processes

وهى العمليات التى تعتمد على حدوث تفاعل كيميائي من أجل التخلص من او تحول الملوثات إلى مواد يسهل فصلها من مياه الصرف. ومن أكثر الطرق الكيميائية شيوعا فى هذا المجال: الترسيب والامتزاز والتطهير. تتم المعالجة

بالترسيب الكيميائي من خلال تكوين راسب كيميائي. وفى معظم الأحيان يحتوى هذا الراسب على المكونات التى قد تفاعلت مع الكيماويات المضافة إلى جانب المكونات الأخرى التى قد ترتبط بالمواد المترسبة وتفصل معها. أما الامتزاز فيعتمد على قوة الجذب بين الأجسام للتخلص من مركبات معينة من خلال التصاقها بسطح المواد الصلبة.

وهي طرق وعمليات المعالجة التي يتم فيها ازالة او تحويل ملوثات المخلفات السائلة عن طريق اضافة الكيماويات او عن طريق التفاعلات الكيمائية، ومن أمثلة هذه العمليات الكيمائية الاكسدة الكيمائية و استخدام الاوزون و الارجاع الكيميائي (مثل ارجاع الكروم السداسي التكافؤ الى ثلاثي التكافؤ مما يسهل ازالته).

ويعد الترسيب الكيماوي والادمصاص التطهير من اكثر العمليات شيوعا في معالجة مياه الصرف الصناعي.

فمثلا الترسيب الكيمائي (بأستخدام الكيماويات) يتم بأستخدام مرسبات كيمائية لتنشيط والآسراع بعملية الترسيب حيث يترسب كلا من المرسب والمادة المراد ترسيبها، بينما يتم الادمصاص كمثال اخر للمعالجة الكيمائية عن طريق ازالة الملوثات من المياه الملوثة علي سطح مادة الادمصاص بفعل قوي التجاذب بين الاجسام.

وتتمثل المعالجة الكيميائية في عمليات التطهير بضافة الكلور والتي تعرف بالكلورة، وايضا اضافة بعض البوليمرات او الكيماويات التي تساعد علي تجفيف وازالة الماء من الحمأة الناتجة من مراحل الهضم اللاهوائي.

وعامة في مجال معالجة مياه الصرف الصناعي تستخدم وحدات المعالجة الكيميائية مرتبطة ومكملة لوحدات المعالجة الفيزيائية

وتطبيقات المعالجة الكيميائية يصفها الجدول التالي ويبين استخدام مواد كيميائية عديدة لتحسين نتائج ونواتج تشغيل وحدات المعالجة الاخري.

جدول 3-8

عمليات المعالجة الكيميائية والغرض منها

عملية المعالجة	تطبيق عملية المعالجة والغرض منها
الترسيب الكيميائي Chemical precipitation	مثل عمليات ازالة الفسفور وعمليات تحفيز واسراع ازالة المواد العالقة في وحدات الترسيب الابتدائي.
الادمصاص Adsorption	ازالة المواد العضوية والتي لم تزال بواسطة طرق المعالجة الكيماوية والبيولوجية التقليدية.
التطهير Disinfection	تدمير وقتل الكائنات الممرضة بوسائل التطهير المتعددة.
التطهير الكلور (الكلورة) Chlorination	تدمير وقتل الكائنات الممرضة باستخدام الكلور او مركباته، كأحد اكثر الطرق شيوعا في تطهير مياه الصرف الصحي.
نزع الكلور Dechlorination	ازالة الكلور الكلي المتبقي المتحد والذي قد يكون موجودا بعد عملية التطهير بالكلورة.
التعادل Neutralization	ظبط قيمة الاس الهيدروجيني.
الترشيح Filtration	ازالة الجزيئات الكبيرة وبعض المغذيات.
التبادل الايوني Ion Exchange	ازالة الايونات وبعض العناصر الغير مرغوب فيها.

المعالجة الكيميائية لها بعض العيوب بالمقارنة بطرق ووحـدات المعالجـة الاخري مثل وحدات المعالجة الفيزيائية، وهذه العيوب تتمثل فـي أنـه عمليـات المعالجة الكيميائية هي عمليات اضافة مواد (يتم فيها اضافة مواد معينة) ففي كثير من الاحيان هناك مادة معينة تضاف لمياه الصرف لازلة ملوث او مكـون معـين يتبعه زيادة في النهاية للمواد والمكونات الذائبة لمياه الصرف.

فعلي سبيل المثال الكيماويات المضافة لتحفيز ازالة المواد العالقة في وحدات الترسيب الابتدائي يصاحبها عادة زيادة في تركيز المواد الذائبة الكلية لمياه الصرف مما يضع بعض القيود لاعادة استخدام هذه المياه فيما بعد.

وهناك عيب اخر وهو التكلفة العالية لاستخدام الكيماويات فهذه التكلفة تكون مساوية او تزيد عن تكلفة الطاقة اللازمة لتشغيل وحدات المعالجة الاخري كبـديل للمعالجة الكيميائية.

ان اختيار مراحل المعالجة الكيميائية المناسب يعتمد على كميـة و نوعيـة المياه الملوثة و كذلك يعتمد على كلفة المعالجة والمواصفات النهائية المطلوبة للمياه المعالجة قبل القائها الى المستقبلات النهائية.

من الشائع دمج عدد من تقنيات المعالجة مع بعضها لتحسن مواصفات المياه النهائية المعالجة. كما ان الحصول على مياه نقية اكثر باستخدام تكنلوجيا متقدمـة مثل عمليات الترشيح والتناضح العكسي والتبادل الايوني سيزيد من كلفة المعالجـة الى حد كبير.

مثال للمعالجة الكيميائية لمياه الصرف الصناعي:

وسوف نأخذ مثالين للمعالجة الكيميائيـة لميـاه الصـرف وهمـا الاكسـدة والاختزال والترسيب الكيميائي.

اولا: الأكسدة/ الاختزال بالكيماويات Oxidation / Reduction

تستخدم المواد المؤكسدة فى معالجة الصرف الصناعى كخطوه اولى لإزالة المعادن الثقيلة بأكسدة المواد العضوية او كمرحلة أخيره فى المعالجة لأكسدة المركبات ذات الرائحة النفاذة مثل كبريتيد الهيدروجين او لأكسدة المواد الغير عضوية مثل السيانيد ولعمليات التطهير.

يعتبر الهواء هو المادة المؤكسدة الأقل تكلفة والأكثر انتشاراً. يتم أكسدة الحديد الثنائى إلى الحالة الثلاثية من خلال تعريضه للهواء وتتم هذه العملية غالبا فى أبراج للأكسدة مشابهة لأبراج التبريد. ومن المواد الكيميائية المؤكسدة أيضا الكلور ونظيره الهيبوكلورايت في صورتيه الصوديوم والكالسيوم وبرمنجنات البوتاسيوم. ويعد الكلور ومشتقاته من المواد المكونة للمركبات المسببة للسرطان عند استخدامها فى أكسدة المواد العضوية. ولذلك يجب التأكد اولا قبل استخدام الكلور من احتمالات تكوين أي مواد مسرطنة وذلك حتى إذا كانت العملية لا تتعلق بمياه الصرف.

وتستخدم مادة برمنجنات البوتاسيوم في أكسدة المركبات ذات الرائحة النفاذة القوية ولاكسدة المواد العضوية. ومن المواد الفعالة فى اكسدة المواد العضوية مثل الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) هي مادة بيروكسيد الهيدروجين.

ثانيا: الترسيب الكيميائى Chemical Precipitation

وتتكون عملية الترسيب الكيميائي لمعالجة مياه الصرف من إضافة الكيماويات التي من شأنها تغيير الحالة الفيزيائية للمواد الصلبة الذائبة والعالقة وتسهيل عملية التخلص من هذه المواد عن طريق الترسيب. وفي بعض الأحيان يكون هذا التغيير طفيفا وتتأثر عملية التخلص سلبا بسبب حبس هذه المواد في كتلة مترسبة كبيرة الحجم يتكون معظمها من المادة الكيميائية نفسها. ومن نتائج هذه الإضافات الكيميائية أيضا زيادة نسبة المواد الذائبة في مياه الصرف.

في الماضي كانت طرق الترسيب الكيميائى تستخدم لتحسين عمليات إزالة المواد العالقة والحمل العضوي BOD_5 من المياه في حالات:

1- اختلاف تركيز الصرف على مدار الفصول (كما هو الحال في صناعات تعليب الأغذية مثلا).
2- الاحتياج إلى درجة معالجة متوسطة.
3- كوسيلة مساعدة لعملية الترسيب الطبيعي.

وقد أدى الاحتياج إلى توفير الإزالة الكاملة للمركبات العضوية والمغذيات (النيتروجين والفوسفور) الموجودة بمياه الصرف إلى زيادة الاهتمام بالترسيب الكيميائي.

وقد تم تطوير العمليات الكيميائية للمعالجة الثانوية الكاملة للمياه الملوثة، بما فيها إزالة النيتروجين او الفوسفور او كليهما، بالإضافة إلى تطوير عمليات كيميائية أخرى لإزالة الفوسفور بالترسيب الكيميائي إلى جانب المعالجة البيولوجية.

ومن خلال الترسيب الكيميائي يمكن إزالة من 80 إلى 90 % من المواد العالقة الكلية ومن 50-80 % من الأكسجين الحيوي الممتص BOD ومن 80-90 % من نسبة البكتريا الموجودة في مياه الصرف. وفي المقابل يوفر الترسيب الطبيعي إزالة 50 إلى 70 % فقط من المواد العالقة الكلية و25 إلى 40 % من البكتيريا. إذاً فالكيماويات المضافة تتفاعل مع المواد الموجودة أصلا في مياه الصرف او التي تضاف لهذا الغرض لإتمام عملية الترسيب الكيميائي.

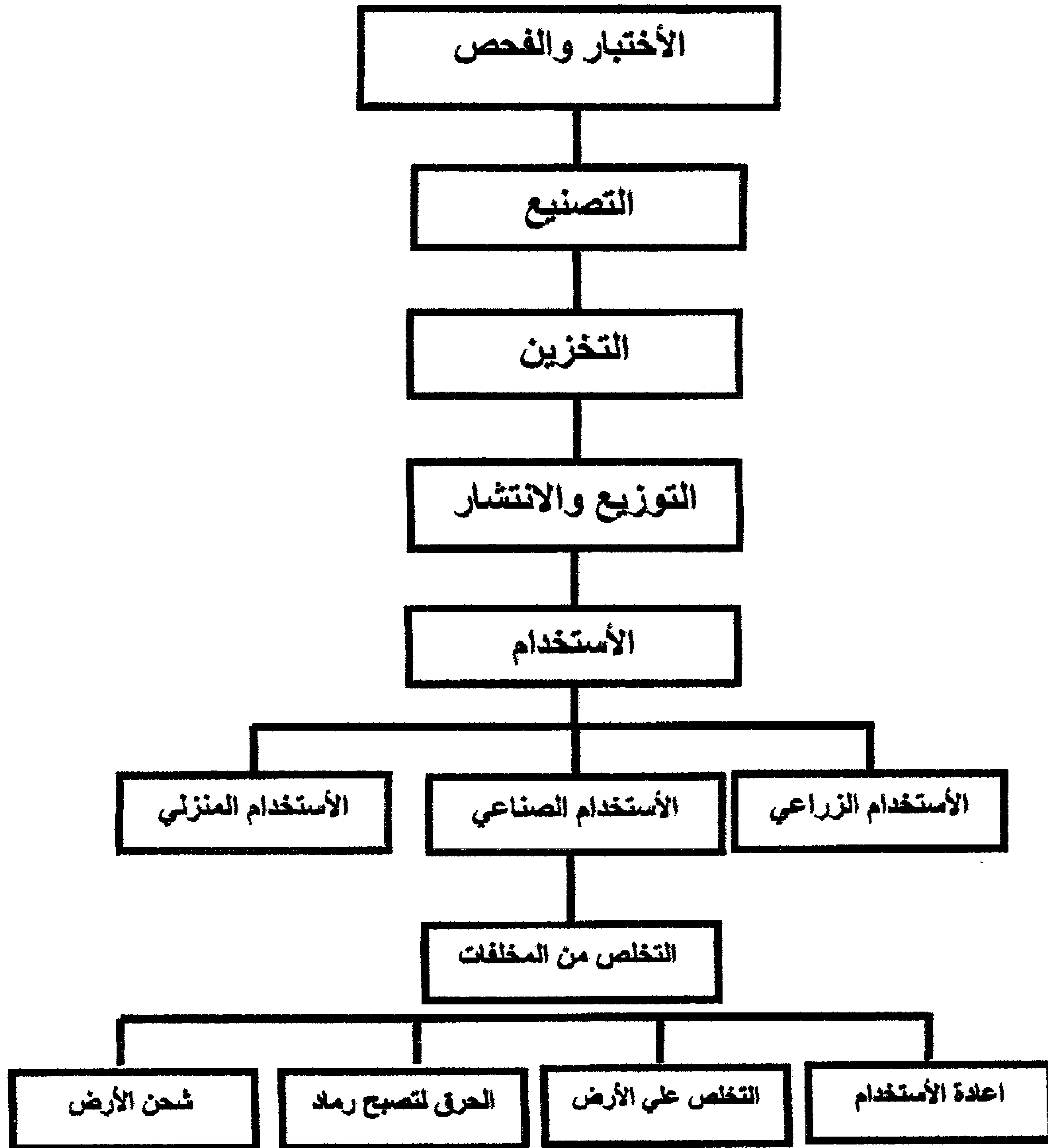
الكيماويات لابد ان تضاف الي مياه الصرف ثم تخلط جيدا مع المياه حتي يتم التفاعل الكيميائي ويتكون المرسبات الزغبية والتي تنتقل الي احواض الترسيب حيث تترسب ونرسب معها المواد العالقة الصغيرة جدا ذات الاحجام الدقيقة جدا.

اما المواد العضوية الذائبة فلا تتاثر كثيرا بعمليات الترسيب الكيميائي اذا أنها في اغلب الاحيان تحتاج الي بوليمرات وكيماويات خاصة.

تتناسب الكيماويات المضافة مع معدل تدفق مياه الصرف ، حيث تظبط الجرعات مما يعطي ندف ومواد زغبية يسهل ترسبها في الأحواض.

دورة حياه المواد الكيميائية في عمليات التصنيع:

تستخدم المواد الكيميائية بشكل كبير جدا في عمليات التصنيع المختلفة داخل المنشات الصناعية وفي مختلف الصناعات اذ يكاد لا يخلو أي مصنع من استخدام لمادة كيميائية أو اكثر.



مخطط لدورة حياة المواد الكيميائية في عمليات التصنيع

3-7. المسح البيئى لمصادر المياه

المسح الصحى البيئى هى عمليه تستهدف تقييم جميع العناصر البيئية والخدمات التى من الممكن أن تؤثر فى موارد المياه ومستوى الإصحاح البيئى وصحة المجتمع.

ويجب أن يقوم أفراد الجهاز الصحى القائمون على خدمات الصحة الوقائية وصحة البيئه بإجراء المسح الصحى البيئى لمنطقتهم وذلك من أجل:-

اولا: توفير قاعدة بيانات واقعية لديهم تمكنهم من تقييم المستوى البيئى لموارد المياه والمرافق الصحية لمجتمعهم حتى يمكنهم التصدى لأى طارئ قد يتعرض لهم.

وأهم تلك البيانات:

1- تعداد السكان فى المنطقه وعدد التجمعات السكانيه ورسم خريطة للتوزيع السكانى فى المنطقة.

2- تحديد مصدر او مصادر المياه للمنطقة.

3- مدى توافر شبكات التوزيع ونسبة تغطية المنازل بشبكات المياه وحالة الشبكات.

4- أسلوب حصول السكان على إحتياجاتهم من المياه. وهل يتم ذلك عن طريق وصول المياه إلى منازلهم أم إلى حنفيات عامه أم عن طريق التخزين او المياه المنقولة.

5- كمية المياه المنتجة يومياً وهل تكفى جاحة السكان ومدى توافر المياه على مدار اليوم.

ثانيا: يجب أن يقوم المسئولون عن الرقابه على الإصحاح البيئى بزيارة مورد المياه للمنطقة وإجراء المراجعة البيئية على الطبيعة وذلك من أجل تحديد:

1) نوعية المعالجة التى تتم للمياه.

2) مدى مطابقة مصدر المياه للشروط الصحيه من حيث الموقع – المأخذ – البعد عن مصادر التلوث.
3) خطوات التنقية المتبعة للمياه.
4) مدى توافر الشروط الصحية فى بناء محطة التنقية ومطابقة المروقات والمرشحات للمواصفات الصحية.
5) وجود الخزانات الأرضية والعلوية للمياه ومدى مطابقتها للشروط.
6) نظافة محطة المعالجة وتوافر العماله اللأزمة.
7) مدى توافر مواد الترويق والتعقيم وصلاحية أجهزة إضافة الكلور والشبه.
8) الأطلاع على نظام الرقابة الداخليه بالمحطة ومدى تجهيز المعمل بالمعدات اللازمه وتدريب أفراده ومدى المعلومات المتوافرة لديهم حول المعايير والمواصفات الصحيه لمياه الشرب.

ثالثا: لا يتم أستكمال المسح البيئى لمورد المياه سوى بالأطلاع على حالة مياه المأخذ والمياه المنتجة ومدى مطابقتها للشروط الصحية والمعايير ولذلك يجب أن يقوم المكلف بالمسح بالإطلاع على نتائج العينات السابق تحليلها خلال العامين السابقين ثم يقوم بأخذ عينات وقت إجراء المسح وذلك للتحليل الكيميائى والبكتريولوجى للمطابقة للمعايير وذلك من المأخذ ومن طرد للعملية.

رابعا: يجب أن يتم المسح البيئى والمعاينة لمصادر المياه فى وجود مندوب عن الجهة المنتجة للمياه او الوحدة المحلية كما يجب أن يتم بشكل منتظم وأن يتم ملئ الإستمارة الخاصة بإجراء المسح فى الموقع وذلك لاستكمال كافة البيانات وعدم إغفال أى نقطة كما يجب على القائم بالمسح تحديد مواطن الخطر والنقاط التى تحتاج إلى إصحاح وإخطار القائمين على إنتاج المياه بها فى حينه وتحديد موعد الزيارة التالية لمتابعة إصحاح الموقف.

خامساً: عند المرور على محطات المياه الجوفية يجب تحديد حرم البئر بدقة وعدد الآبار الموجودة وعمق كل بئر وكمية تصريف المياه من كل بئر كما يجب تحديد التعديات على حرم البئر إن وجدت ومعرفة سعة الخزانات العلوية وإستيفائها للشروط وإذا كانت مستخدمه أم لا ومعدل مرات الغسيل والتطهير للخزان. كما يجب أن تحتفظ المحطة بسجل يحدد فيه مواعيد وخطوات الغسيل والتطهير للخزان يوقع عليه من القائم بالمرور والمراجعة.

سادسا: يجب أن يشمل المسح البيئى لمصادر المياه المعلومات الكاملة عن الشبكة ويتم المرور على الشبكة وتفقد حالتها وقد يتم زيارة بعض المنازل في مواقع متفرقه وسؤال المنتفعين عن حالة ومدى توافر المياه وساعات التشغيل.

سابعا: يعد متابعة وتقييم خدمات الصرف الصحى مكملاً للتقييم البيئى لمصادر المياه وذلك لما لتأثير التصرف الصحى للمياه العادمه على حالة المياه فى المجارى المائية وكذلك حالة المياه الجوفية.

لذلك يجب أن تحتفظ فى وحدات تقديم خدمات صحة البيئة بتقارير وافية عن حالة خدمات الصرف وحالة الإصحاح البيئى للمرافق الصحية بصفة عامة.

3-8. الموارد المائية في الوطن العربي

تعتبر الموارد المائية والأرضية من أهم العوامل المحددة للزراعات في الوطن العربي وخاصة الموارد المائية، حيث يتم استغلال ما نسبته 88% من جملة الأراضي المتاحة. ونظراً لمحدودية الموارد المائية المتاحة والتي تقدر بحوالي 247 مليار متر مكعب/السنة، وهذه الكمية هى العامل المحدد للتركيب الزراعي. ومن ناحية أخرى فإن نصيب الفرد من المياه يتناقص بتزايد عدد السكان فبينما كان المتوسط العام للدول العربية حوالي 1090 م^3/الفرد/السنة انخفض إلى حوالي 950 م^3/الفرد عام 2000، ويقدر ان يصل الى حوالي 900 م^3/الفرد عام 2007، وهذه الارقام تدل على محدودية الموارد حيث يعتبر مستوى 1667م^3/الفرد/السنة

وما دون ذلك مؤشراً لمحدودية المياه حسب أحد التصنيفات العالمية. يبين الجدول رقم (1-1) المياه المتاحة ونصيب الفرد م^3/السنة في الوطن العربي.

ومن العوامل المؤثرة في محدودية المياه في الوطن العربي حقيقة امتداد معظم أراضيه عبر أقاليم جافة وشبه جافة ، وهذا ما يجعل من مسألة تجدد المصادر المائية السطحية والجوفية مسألة في غاية الأهمية. كما يعتبر التوزيع البيئي للأرض في المنطقة العربية عاملاً محدداً في النشاط الزراعي واستقراره.

جدول رقم (3-8)

المياه المتاحة ونصيب الفرد م3/السنة في اقاليم الوطن العربي بالمنطقة العربية مقارنة بالعالم

الاقليم	المياه السطحية بالمليار م3	المياه الجوفية المتاحة للاستغلال بالمليار م3	المياه غير التقليدية بالمليار م3	المياه المتاحة مليار م3	عدد السكان مليون (1996)	نصيب الفرد م3/السنة
المشرق العربي	67.0	6.58	0.030	73.61	45.85	1605.4
شبه الجزيرة العربية	9.85	4.71	2.277	16.84	42.89	393.1
الاقليم الاوسط	87.40	8.75	4.900	101.85	95.64	1056.6
المغرب العربي	40.37	15.0	0.275	55.65	71.40	779.4
جملة الفرد العربي	204.62	35.04	7.482	247.15	255.7	966.5
العالم				42000	5716.4	6997.4

المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الاوضاع المائية في الدول العربية، **1999**.

ومن هنا تأتي اهمية ترشيد استهلاك المياه في الوطن العربي سواء المياه المنزلية او مياه الري والزراعة وايضا المياه المستخدمة في النشاط الصناعي.

الفصل الرابع

كيمياء الهواء والتلوث الهوائي للبيئة

4. مقدمة عن الهواء

4-1. كيمياء الهواء

4-2. مكونات وتركيب الغلاف الجوي

4-3. الهواء والتلوث البيئي

4-3-1. مصادر التلوث الهوائي

4-3-2. ملوثات الهواء

4-4. الملوثات الجوية وتاثيراتها البيئية

الفصل الرابع

كيمياء الهواء والتلوث الهوائي للبيئة

4. مقدمة عن الهواء

تعد دراسة الهواء والتلوث الهوائي من اهم فروع الكيمياء البيئية وذلك لارتباط الهواء وتلوثه بكل من تلوث الماء والتربة اذ يؤدي تلوث الهواء الي تلوث كل من التربة والماء غالبا لسقوط الجسيمات والدقائق والغازات الهوائية من الهواء لسطح الأرض علي الماء او علي التربة او علي كليهما في نفس الوقت، ويشكل الهواء والماء والتربة أهم عناصر البيئة تأثيرا علي الأحياء لكون الهواء مصدر التنفس للانسان والتربة والماء مصدر طعامه وشرابه.

4-1. كيمياء الهواء

الهواء خليط الغازات الذي يحيط بالأرض. وغالبًا ما يطلق عليه الغلاف الجوي. فعندما تهب الرياح فإن الذي تشعر به يلامس وجهك هو الهواء. والرياح ببساطة هواء متحرك. ويمكنك رؤية أثر الرياح في انسياب الغيوم وتلاطم الأمواج وخشخشة اوراق الشجر.

وبدون الهواء فإن الحياة تستحيل على سطح الأرض، وتكون مجرد عالم صخري شبيه بسطح القمر، وتكون السماء داكنة باستمرار، والنجوم غير متلألئة، وتكون الشمس كرة نارية تذهب بالأبصار، وتنطلق منها إلى الأرض إشعاعات مميتة، بالإضافة إلى الحرارة والضوء.

وتحتاج جميع الأحياء (الحيوانات والنباتات) الهواء لتبقى على قيد الحياة. فقد يعيش الإنسان أكثر من شهر دون طعام وأكثر من أسبوع دون ماء. لكنه لا يستطيع البقاء حيًا دون هواء سوى بضع دقائق.

وللهواء دور أكبر من كونه يمكِّننا من التنفس. فالهواء يقي الأرض من الأشعة الضارة التي تنبعث من الشمس وغيرها من الأجسام، والكواكب في الفضاء الخارجي. وفي نفس الوقت يقوم الهواء بامتصاص الكثير من الحرارة المنبعثة من الشمس. وبهذا يحافظ الهواء على بقاء الأرض دافئة بما فيه الكفاية لضمان استمرار الحياة. والهواء يحمينا من الجسيمات النيزكية، التي يحترق معظمها قبل أن ترتطم بسطح الأرض. وتجلب السحب التي تتشكل في طبقات الجو العليا المياه سواء أكانت على شكل أمطار أم ثلوج. وينبغي توافر المياه والهواء لجميع الكائنات الحية لكي تعيش.

ونحتاج للهواء أيضًا لكي نسمع، حيث ينتقل الصوت عبر الهواء، او أي مادة أخرى. ومعظم الأصوات التي نسمعها تنتقل عبر الهواء. وللهواء وزن، وهذا الوزن يمكِّن المناطيد المملوءة بالغاز الخفيف او الساخن من أن ترتفع فوق الأرض لأنها أخف من الهواء المحيط بها. كما يمكِّن الهواء المتحرك الملامس لأجنحة الطائرات والطيور والحشرات من الطيران.

تحتوي الأرض على كميات كبيرة من الهواء. أما نوعية الهواء فتعتمد بشكل كبير على كمية الفضلات الصناعية وغيرها من الملوثات الأخرى التي يضيفها الإنسان إلى الجو. ويشكل تلوث الهواء في مدن العالم الكبرى مشكلة خطيرة. فالهواء الملوث يضر بصحة الإنسان ويؤذي النباتات والحيوانات، ويدمّر مواد البناء. وعلاوة على ذلك، فأنه يؤثر على الطقس.

ويمكن ان نسأل ما هو الهواء حسب المفهوم العلمي فيمكن القول ان الهواء مخلوط يحتوي على خليط من الغازات، تمتد من سطح الأرض إلى الفضاء الخارجي. وتعمل الجاذبية الأرضية على تثبيت الغلاف الجوي حول الأرض. وتتحرك الغازات بحرية فيما بينها. ويعبر ضوء الشمس، الذي يتكون من خليط من

جميع الألوان، الغلاف الجوي فتعمل جزيئات الهواء على تشتيته في كل الاتجاهات. وتبدو السماء زرقاء اللون، لكون الضوء الأزرق أكثر تشتتًا من غيره من الألوان.

وتوجد العديد من جسيمات الغبار عالقة في الهواء. كما يحتوي الهواء على قطيرات الماء وعلى بلورات ثلجية على شكل سحب.

غازات الهواء. النيتروجين والأكسجين من الغازات الرئيسية في الهواء. ويحتوي الهواء على غيرهما من الغازات مثل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والنيون والأرجون والهيليوم والكريبتون والهيدروجين والزينون والاوزون. أما بخار الماء في الهواء فهو ماء على شكل غاز غير مرئي. ويشكل النيتروجين 78% من الهواء الجاف (خالٍ من بخار الماء)، ويشكل الأكسجين 21% من الهواء الجاف. ويحتوي الباقي (1%) بشكل رئيسي، على الأرجون وغيرها من الغازات الأخرى.

4-2. مكونات وتركيب الغلاف الجوي

يتركز وجود الكائنات الحية المختلفة في طبقة رقيقة من الكرة الأرضية تسمي المحيط الحيوي Biosphere اوالوسط البيولوجي Biological Environment، ويشمل جزءا من الغلاف الهوائي Atmosphere وجزءا من القشرة الأرضية وكامل الغلاف المائي Hydrosphere ويرتفع الي 26 كيلومترا فوق سطح الأرض. ويميل العلماء الي تحديد الغلاف الحيوي بالمجال الذي يحدث فيه نشاط مركز للكائنات الحية، وتمتد من 30-50 مترا فوق سطح التربة والي 10 -12 مترا تحت سطح التربة، كما تشمل كل عمق البحيرات والبحار والأنهار والمحيطات الي عمق 350 -400 مترا والمحيط الحيوي باجزائه الهوائية والمائية والتربة هو الذي يعاني من التلوث حاليا.

ويعرف الغلاف الجوي او ما يعرف ايضا بالغلاف الهوائي، بأنه تلك الغلالة الشفافة التي تحيط بالأرض يابسها ومائها احاطة تامة، وتفصل سطحها عن الفراغ الكوني، ممتدا بذلك بعيدا عن سطحها بضعة مئات او الاف الكيلومترات، وان كان

حده العملي يستمر حتي 1000 كيلومتر. حيث يبلغ اقصي عمقه عند خط الاستواء ويتضاءل تدريجيا عند القرب من القطبين ، كما يتواجد 99.9% من كتلة هذا الهواء دون ارتفاع 50 كيلومتر و 0.997 % تتواجد بين ارتفاع 50 الي 100كم.

ويتميز الهواء بقدرته على الحركة Mobile، وقابليته للمرونة Elastic، والتمدّد Expansible، والانضغاط Compressible، كما يقوم الهواء بنقل الموجات المنضغطة Compression Waves، والغلاف الجوي شفاف Transparent بالنسبة للأنواع المختلفة من الأشعة الشمسية التي تخترقه.

ويحمي الغلاف الجوي سطح الكرة الأرضية من تساقط بقايا الشهب والنيازك من الفضاء الخارجي، لأنها تحترق عند احتكاكها بالغلاف الجوّي قبل وصولها إلى سطح الأرض. وبدون الغلاف الجوي تنعدم الحياة على سطح الأرض، حيث إن الهواء هو مصدر تكوين السحب، وهبوب الرياح، وسقوط الأمطار، وتكوين الموارد المائية، كما ينظم الغلاف الجوي درجات الحرارة بحيث تصبح مناسبة تماماً لحياة الإنسان، ففي حالة عدم وجوده حول الأرض ترتفع درجة حرارة سطح الأرض إلى نحو 220 درجة فهرنهيتية أثناء النهار، وتنخفض أثناء الليل إلى أقل من – 300 درجة فهرنهيتية.

[*] السبب في صعوبة تحديد سُمك الغلاف الجوي تحديداً دقيقاً هو أن كثافته تقل بالتدريج بالارتفاع عن سطح الأرض، لانخفاض وزنه ولزيادة نسبة الغازات الخفيفة به، ونقص الغازات الثقيلة، لذا كان نصف وزن الغلاف الجوي يقع حتى مستوى 6 كم من سطح البحر، ويقع ثلاثة أرباع وزنه حتى مستوى 12 كم.

طبقة الغلاف السفلي (التربوسفير Troposphere)

وهي طبقة الغلاف الجوي الملاصقة لسطح الأرض، وهي الطبقة التي نعيش فيها. وتضم هذه الطبقة 75% من مجمل الغلاف الجوي. وتتم معظم التغييرات الجوية والأمطار والثلوج في هذه الطبقة تقريبًا. ويتنبأ العلماء بالطقس بدراستهم

لطبقة التروبوسفير. كما تضم هذه الطبقة معظم بخار الماء والهباء الجوي في الجو. ويهب التيار النفاث في الجزء العلوي من هذه الطبقة.

كما تعرف هذه الطبقة بالغلاف المتغير، وتشمل الجزء الاسفل من الجو الممتد من مستوي سطح البحر وحتي ارتفاع قدره 12 كم، حيث تبلغ افصي سمك لها عند خط الاستواء (16 كم) واقل سمك عند القطبين (8كم)، كما يزداد سمك الطبقة في الفصول الحارة من السنة وتقلفي الفصول الباردة.

تتناقص درجة الحرارة في طبقة التروبوسفير حوالي 5،6°م كلما ارتفعنا إلى أعلى 1000م. ويتوقف تناقص درجة الحرارة عند بداية التروبوبوز (الفاصل السفلي) والتي تمثل الجزء الأعلى لطبقة التروبوسفير. ويقع حد التروبوبوز على ارتفاع 10كم تقريبًا فوق القطبين الشمالي والجنوبي، وعلى ارتفاع 15كم فوق خط الاستواء تقريبًا. وعند حد التروبوبوز يصبح الهواء رقيقًا جدًا بحيث لا يكفي للحياة.

وعادة ما يكون الغلاف الجوي القريب من سطح الأرض أدفأ لأن أشعة الشمس التي تمر خلال الغلاف الجوي تسخن الأرض وبخار الماء. وبدورها تقوم الأرض بتسخين الهواء الملامس لها مباشرة. وفي بعض الأحيان، وبخاصة خلال الليل أثناء فصل الشتاء، يكون الهواء الملامس للسطح أبرد من الهواء الذي يعلوه. وهنا، تزداد درجة الحرارة في طبقة رقيقة من طبقة التروبوسفير كلما ارتفعنا إلى أعلى. وهذه الحالة الشاذة تسمى الانقلاب الحراري. وتظهر أسوأ حالات التلوث الجوي أثناء حدوث هذه الظاهرة، لأن الهواء البارد القريب من سطح الأرض يحتجز الملوثات ويمنعها من الانتشار او الصعود إلى أعلى. وتدوم حالة الانقلاب الحراري حتى تقضي الأمطار او الرياح على هذه الطبقة الهوائية الدافئة.

ويكون الهواء باردًا في التروبوبوز، حيث تتكون السحب من بلورات الثلج. وأبرد جزء في طبقة التربوسفير هو التربوبوز الواقع فوق خط الاستواء، حيث يبلغ تصاعد الهواء أعلى حد له، فتهبط درجة حرارة الهواء إلى مادون −80°م. أما

درجة حرارة التروبوبوز فوق القطبين فأنها تزيد عنها فوق خط الاستواء بـ 30°م.

والجدول التالي يبين مكونات هذه الطبقة التي تمثل اكثر من 75 % من كتلة الغلاف الجوي وتتكون من خليط من الغازات اهمها النتروجين والأكسجين (يوضح الجدول مكونات الطبقة في حالة عدم تلوثها).

وطبقة التربوسفير هي الطبقة المعنية بالتلوث اذا تتركز فيها 99.0 %من الملوثات الجوية.

جدول 4-1

المكونات الغازية	الرمز	الحجم %
النتروجين	N_2	78.08
الأكسجين	O_2	20.94
الارجون	Ar	0.93
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	0.03
النيون	Ne	0.0018
الهليوم	He	0.0005
الاوزون	O_3	0.00002-0.0
الهيدروجين	H_2	0.00005

طبقة الغلاف الزمهريري (الستراتوسفير Stratosphere):

وتمتد من التروبوبوز إلى 50كم فوق سطح الأرض تقريبًا. وكمية الرطوبة التي تصل هذه الطبقة من الغلاف الجوي قليلة جدًا، لذلك فإن السحب نادرة أيضًا. ويفضل طيارو الخطوط الجوية الطيران خلال هذه الطبقة تجنبًا لتقلبات الطقس التي

يواجهونها في التروبوسفير. أما طبقة الاستراتوسفير فتتميز بثبات درجة الحـــرارة تقريبًا، ولكن درجة حرارة الطبقة العليا منها تزداد مع ازدياد الارتفاع، حيث تصل درجة الحرارة في الطبقة السفلى −55°م بينما تصل درجة الحـــرارة فـــي الجـــزء العلوي منها إلى −2°م فقط، وهذا الجزء من الاستراتوسفير يُـــدعى الإســـتراتوبوز (الفاصل الطبقي). ويحتوي هذا الجزء على معظم غـــاز الاوزون الموجـــود فـــي الغلاف الجوي لذا تسمي هذه الطبقة بطبقة الاوزون، وينشأ الاوزون من الأكسجين بفعل الأشعة فوق البنفسجية التي تصل من اشعة الشمس والتي تتسب في حـــدوث تفـــاعلات كيموضـــوئية Photochemical Reactions اذ يتحـــول الأكســـجين الجزيئي الي اكسجين ذري بفعل الطاقة الشمسية:



$$O_2 + h\nu \longrightarrow O\cdot + O\cdot$$

ثم يتفاعل الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي ويكون الاوزون



$$O\cdot + O_2 \longrightarrow O_3$$

وللاوزون المتشكل اهمية كبيرة في حماية المحيط الحيوي ومـــا فيـــه مـــن كائنات حية وذلك لأنه يمتص الأشعة فوق البنفسجية قصيرة الموجة ويمنعها مـــن الوصول لسطح الأرض ويعمل الاوزون علـــى تســـخين الهـــواء هنـــاك بســـبب امتصاصه الأشعة فوق البنفسجية.

وهذا النوع من الأشعة له تأثير ضار علـــي الكائنـــات الحيـــة. وجزيئـــات الاوزون غير ثابتة اذا تتفكك عند تعرضها للاشعة الفوق البنفسجية الـــي اكســـجين ذري واكسجين جزيئي والطاقة المختزنة في الروابط الكيميائية لجـــزيء الاوزون تطلق علي شكل حرارة ترفع حرارة طبقة السراتوسفير من 50 درجة تحت الصفر الي 30 درجة فوق الصفرتقريبا.

طبقة الغلاف المتوسط (الميزوسفير Mesosphere):

تمتد من حد الإستراتوسفير إلى 80كم فوق سطح الأرض. وتتناقص درجة الحرارة في هذه الطبقة مع الارتفاع حيث تصل درجة الحرارة في الأجزاء العليا منها إلى أدنى درجة ممكنة في الغلاف الجوي المحيط بالأرض. وهذا الجزء العلوي، من طبقة الميزوسفير يُدعى الميزوبوز (حد الغلاف الاوسط). وتهبط درجة الحرارة في هذا الجزء فوق القطبين إلى ما دون -109°م خلال فصل الصيف. ويمكن مشاهدة ذيل من الغازات الحارة تنساب في هذه الطبقة بفعل الشهب،حيث تستقبل النيازك والشهب حتي تحترق فيها. كما يمكن ملاحظة هبوب رياح في غاية العنف ضمن طبقة الميزوسفير. وتهب هذه الرياح من الغرب إلى الشرق في فصل الشتاء. ومن الشرق إلى الغرب في فصل الصيف.

لا تحتوي هذه الطبقة علي بخار الماء ولكنها تحتوي علي الاوزون.ومكوناتها الغازية شديدة التخلخل وخفيفة (الهيدروجين – هيليوم).

طبقة الغلاف الحراري (Thermosphere):

وهي أعلى طبقة في الغلاف الجوي. وتبدأ من نهاية حد الميزوبوز وتستمر إلى الفضاء الخارجي. ويتميز الهواء في هذه الطبقة بأنه خفيف جدًا، إذ إن 99،99% من الغلاف الجوي يقع أسفل منه. ويختلف التركيب الكيميائي للهواء في هذه الطبقة عن التركيب الكيميائي لبقية الطبقات المكونة للغلاف الجوي. ففي الأجزاء الدنيا من طبقة الثيرموسفير، تتحطم معظم جزيئات الأكسجين إلى ذرات الأكسجين. وتحتوي الأجزاء العليا منها بشكل رئيسي على الهيدروجين والهيليوم.

تواجه طبقة الثيرموسفير أشعة الشمس بصورة مباشرة، فتعمل على تسخين الهواء الخفيف إلى درجة عالية جدًا. وتقفز درجة الحرارة بسرعة من الميزوبوز إلى 600°م عند ارتفاع 200كم فوق سطح الأرض. ولكن في أثناء الرياح الشمسية تصل كمية إضافية من الإشعاع والجسيمات إلى طبقة الثيرموسفير. وهنا يصبح

الهواء أكثر سخونة، حيث تصل درجة الحراة إلى ما يزيد عن2000°م على ارتفاع 400كم فوق سطح الأرض.

وعندما ترتطم أشعة الشمس وغيرها من الإشعاعات القادمة مــن مصـــادر كونية أخرى بطبقة الثيرموسفير، فإن بعض الجزيئات والذرات تشحن بالكهرباء أي تتأين. وتُسمى هذه الذرات المشحونة بالكهرباء أيونات. وتوجد معظم هذه الأيونات في الأجزاء السفلى من الثيروموسفير، لذلك تُسمى هذه الأجزاء من الطبقة الغـــلاف الأيوني (الأيونوسفير). حيث تؤدي هذه الطبقة دورًا كبيرًا في الاتصالات الراديوية بعيدة المدى. وتقوم هذه الطبقة بعكس الموجـــات الكهرومغناطيســـية إلـــى الأرض عوضًا عن انتشارها في الفضاء.

وتظهر يوميًا في طبقة الثيرموسفير حالات مدٍ غازي هائلة، وتغير حـــالات المد هذه اتجاهها كل ست ساعات. كما يظهر ضوء طبيعي في هذه الطبقة يســـمى الفلق. ويحدث الفلق عندما تجذب الأرض تلك الذرات المتأينة في طبقة الثيرموسفير إليها، إذ تتحطم الجزيئات في طبقة الثيرموسفير مكوّنـــة حلقـــة حـــول الأقطـــاب المغنطيسية للأرض، وينتج عن ذلك طاقة على شكل ضوء. ويسمى الفلق الذي يبدو في شمال الكرة الأرضية الفلق الشمالي.. أما الفلق الذي يظهر في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية فيسمى الفلق الجنوبي.

الغازات في هذه الطبقة تكون في حالتهـــا الذريـــة، والهـــواء فيهـــا قليـــل الكثافة.تكثر ذرات الهليوم والأكسجين والنتروجين في الجزء السفلي مـــن الطبقـــة بينما تكثر ذرات الهيدروجين في الجزء العلوي منها.وتخلو هذه الطبقة من الاوزون وبخار الماء.

طبقة الغلاف الخارجي (Exosphere):

هو الجزء العلوي من طبقة الثيرموسفير الإكسوسفير (الغلاف الخـــارجي)، وترتفع إلى حوالي 480كم عن سطح الأرض إلى أن تنتهي في الرياح الشمســـية.

ولا يوجد في الأكسوسفير إلا القليل من الهواء. ولا تجد السفن الفضائية والأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض في هذه المنطقة مقاومة تذكر. وتتحرك بعض الذرات والجزيئات في الأكسوسفير بسرعة هائلة جدًا، حيث تتغلب على قوة جاذبية الأرض وتنطلق إلى الفضاء الخارجي (خاصة الهيدروجين)، وهكذا فإن الأرض تفقد غلافها الجوي بالتدريج. ولكن هذه العملية تحتاج إلى بلايين السنين حتى تأتي على مجمل الغلاف الجوي المحيط بالكرة الأرضية.

4-3. الهواء والتلوث

يتكون الهواء غير الملوث من عناصر اساسية هي النتروجين والأكسجين وثاني أكسيد الكربون والهيدروجين وبخار الماء،كما يحتوي الهواء علي نسب ضئيلة من الهليوم والنشادر والاوزون واول أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت وجسيمات الغبار ودقائق لاملاح عضوية وغير عضوية.

مع ان النسب الحجمية للهواء النقي ثابتة تقريبا الا ان مكوناتها تخضع باستمرار للتجديد من خلا الدورات الحيوية المتعددة ضمن النظام البيئي للكائنات الحيوانية والنباتية والكائنات الدقيقة وعوامل البيئة الاخري.ويمتاز الهواء النقي بأنه عديم اللون والرائحة ويكاد يكون تركيبه واحد في الطبقات السفلي من الغلاف الجوي Troposphere المحيط بالكرة الأرضية. الا ان هذا التركيب قد يتغير في حالات الاخلال بالأنظمة البيئية من قبل مصادر طبيعية او من مصادر صناعيا ناشئة عن نشاط الإنسان.

وبذلك يصبح الهواء ملوثا اذا حدث تغير في تركيبه الطبيعي او دخلت عليه عناصر غريبة، سواء كانت هذه العناصر طبيعية او كيميائية او بيولوجية مثل الغازات او الجسيمات او الميكروبات، خلال فترة قصيرة او طويلة بحيث تؤدي الي الحاق ضرر بحياة الإنسان او الحيوان او الكائنات الاخري او الممتلكات الاقتصادية. ويمكن اجمالي ملوثات بالهواء بالتالي:

- ملوثات غازية
- ملوثات جسيمية
- ملوثات اشعاعية
- ملوثات بيولوجية
- ملوثات ثانوية

كما يمكن تقسيم تلوث الهواء الي عدة اقسام كما يلي:

- التلوث المحلي Local Pollution

هو التلوث الهوائي الذي يرتبط بأماكن محددة، كالتلوث الذي يحدث لمدينة او منطقة صناعية محددة او غيرها.

- التلوث الاقليمي Regional Pollution

هو التلوث الهوائي الذي يشمل منطقة كبيرة تضم عدة دول او حتي قارة باكملها، مثل تلوث حوض البحر الابيض المتوسط او تلوث قارة اوربا.

- التلوث العالمي Universal Pollution

هو التلوث الهوائي الذي تنتشر فيه الملوثات علي مساحات كبيرة، وتصل الي اماكن بعيدة ن مصادرها، مثل التلوث بالاشعاعات الذرية حيث يتجاوز الاقليم الذيي حدث فيه، ومثل التلوث الناشئ عن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في جو الأرض، او تأكل طبقة الاوزون في طبقات الجو العليا والمتوسطة.

يمكن ان ندرك اهمية الهواء اذا علمنا ان رئة الإنسان تستقبل اكثر من 15 كيلو جرام من الهواء الجوي في حين لا يستقبل اكثر من 2.5 كيلو جرام من الماء واقل من 1.5 كيلوجرام من الطعام.

وقد عرف الإنسان تلوث الهواء منذ القدم، عندما كانت تثار الاتربة والرمال بفعل الرياح، ومن خلال النار التي كان يستخدمها في التدفئة وصنع الطعام، وفي

الحرائق التي كانت تشتعل في الغابات. ولقد تعاظم تلوث الهواء منذ بداية الثـورة الصناعية في العالم وادخال مركبات ومواد كثيرة وعديدة الي النظام البيئي.

4-3-1. مصادر التلوث الهوائي

لتلوث الهواء مصادر عديدة منها ما هو طبيعي ليس للانسان دخل فيه ومنها ما هو صناعي ينشأ من افراط الإنسان في استخدام الثروات الطبيعية او من انشطته المختلفة واهم مصادر تلوث الهواء ما يلي:

- ◊ المصادر الطبيعية
- ◊ المصادر البشرية

اولاً: المصادر الطبيعية

يحدث تلوث الهواء طبيعيا من خلال الملوثات المختلفة (الغازية –السـائلة- الصلبة) التي تدخل اليه، والتي تنجم من الطبيعة والظواهر الطبيعية المختلفـة دون تدخل الإنسان فيها من خلال انشطته التي تحتم عليه التفاعل مع الطبيعـة ويمكـن حصر التلوث الطبيعي للهواء في الاتي:

1- الغبار والاتربة المثارة بفعل الرياح.

2- البراكين النشطة التي تندفع منها انواع من الغازات الضارة وكميات ضخمة من الرماد والحمم.

3- حرائق الغابات الطبيعية الذاتية.

4- حبوب لقاح الاشجار والنباتات.

5- املاح البحار والمحيطات و التي تنتشر في الهواء بفعل الرياح والعواصف وتلك التي تحملها المخفضات والجبهات الجوية وتيارات الحمل الحرارية.

6- غاز الاوزون المتخلق ضوئياً في الهواء الجوي أو بسبب التفريغ الكهربـي في السحب.

7- الجسيمات النيزكية القادمة من الفضاء.

8- الكائنات الحية الدقيقة من البكتريا والميكروبات.

9- تكون بعض الأكاسيد النيتروجينة عند حدوث تفريغ كهربي في السحب الرعدية.

10- وجود بعض الفطريات في الهواء في مواسم معينة، ووجود بعض انواع البكتريا والجراثيم في الماء والهواء عند تعفن اجساد الطيور والحيونات او تعفن فضلات الحيوان او الإنسان.

11- المواد ذات النشاط الأشعاعي كتلك الموجودة في التربة وبعض صخور القشرة الأرضية وكذلك الناتجة عن تأين بعض الغازات بفعل الأشعة الكونية.

ومع مرور الوقت تستمر إضافة جسيمات الهباء الجوي إلى الغلاف الجوي، إلا أنها لا تبقى عالقة في الهواء إلى الأبد. إذ تتولى الأمطار والجليد إزالتها من الهواء، حيث يصبح الهواء منعشًا بعد تساقط الأمطار والثلوج. أما الجزء الآخر من الهباء الجوي فيسقط تدريجيًا على سطح الأرض.

تتفاوت كمية جسيمات الهباء الجوي في الهواء قرب الأرض من مكان إلى آخر، حيث يحتوي المتر المكعب من الهواء فوق المحيطات على بليون جسيم، بينما يضم المتر المكعب من الهواء فوق المدن الكبرى حوالي 100 بليون جسيم. ونظرًا لقلة الهباء الجوي في طبقات الجو العليا فإن الهواء عادة ما يكون أكثر نقاء. ويبين الجدول التالي التوزيع العام للمادة الغازية البركانية.

جدول 4-2

المادة الغازية	الرمز	النسبة المئوية %
بخار الماء	H_2O	70.75
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	14.07
الهيدروجين	H_2	0.33

المادة الغازية	الرمز	النسبة المئوية %
النتروجين	N_2	5.45
الارجون	Ar	0.18
ثاني أكسيد الكبريت	SO_2	6.40
ثالث أكسيد الكبريت	SO_3	0.10
الكلورين	Cl_2	0.05

ويلاحظ من الجدول ان المادة الغازية البركانية تتكون معظمها من بخار الماء الذي يمثل اكثر من 70% من المكونات.

أ- تلوث الهواء من البراكين كأحد المصادر الطبيعية:

تمثل البراكين احد العوامل الطبيعية الهامة في تلوث البيئة بشكل عام، فتدفع هذه البراكين عند ثوراتها بكميات هائلة من النواتج الغازية والسائلة بالإضافة الى النواتج الصلبة.

النواتج الغازية:

تخرج البراكين كما هائلا من الغازات تختلف فى كميتها ونوعيتها من بركان لاخر ومن أهم نواتج البراكين الغازية بخار الماء وثانى أكسيد الكربون والكلور وأكاسيد الكبريت وكلوريد الامونيوم. ويصاحب خروج هذه الغازات بعض النواتج الصلبة التى تسلك أثناء خروجها مع الغازات سلوك الموائع وهذه النواتج الصلبة هى الرماد البركانى.

النواتج البركانية السائلة:

وهى الحمم المصهورة والمعروفة باسم اللافا والتى ما تلبث أن تسيل على جوانب البركان مكونة فيما بعد الصخور البركانية.

النواتج البركانية الصلبة:

من أهم النواتج الصلبة التى تقذفها البراكين البريشيا البركانية وهى قطع صخرية صغيرة الحجم حادة الزوايا وكذلك الأجلوميرات Agglomerate وهى قطع صخرية صغيرة الحجم مستديرة أو شبه مستديرة.

ب- تلوث الهواء من العواصف كأحد المصادر الطبيعية:

العواصف المدارية والرملية:

- توجد العواصف المدارية فى العروض المدارية، ومن أهم ما يميزها أنها شديدة السرعة والإنخفاضات الجوية التى تصاحبها شديدة العمق، وتصل سرعة الرياح فى هذه العواصف أحيانا إلى 120 كيلومتر فى الساعة، كما أن الأمطار التى تسقط نتيجة لها تكون غزيرة جدا وعلى هيئة سيول، ويكثر حدوث العواصف المدارية فى فصلى الصيف والخريف، ولكل عاصفة مركز (او عين)،وهذه عادة تتصف بالهدوء وخلوها من السحب ونصف قطر هذه العيون يتراوح بين8 و40كيلومتر، وينتج عن العواصف المدارية تخريب شديد للمناطق الساحلية التى تمر بها العاصفة، وترتفع الأمواج فتغرق الشواطئ، وقد تعرقل الملاحة كما فى الخليج العربى وخليج البنغال ويقدر حدوثها بحوال ثلاث مرات فى المتوسط سنويا، هذا بالإضافة إلى إيذاء السكان عن طريق الرمال التى تحملها وصعوبة الرؤية وما ينجم عن ذلك من حوادث مرورية وإضرار بالنباتات. كما تعاني دول المنطقة العربية في اوقات معينة من العواصف الرملية المحملة بالأتربة والرمال من الصحراء ويختلف مسماها من دولة إلى أخرى (الخماسين في مصر، طوز في دول الخليج، والهبوب في السودان...). وتزيد الظواهر الجوية التى تتعرض لها بعض المدن العربية في اوقات معينة من حدة التلوث إذ يؤدي سكون الرياح، وإنخفاض مستوى الإنقلاب الحرارى بمنطقة القاهرة الكبرى فى فترة الخريف إلى إعاقة إنتشار الملوثات وتشتيتها وبالتالى حدوث نوبات تلوث

حادة للهواء فى الطبقة القريبة من سطح الأرض حيث تتراكم الملوثات وتزيد عن المعدل الطبيعى.

ومن مخاطر العواصف الترابية هي امكانية حملها للملوثات، مثل المبيدات ويمكن أن تقلها إلى مسافات بعيدة مسببة آثاراً عكسية على البيئة والاقتصاد ونوعية الحياة. تصل تقديرات كمية الرواسب الترابية السنوية على طول المناطق الساحلية في الكويت إلى ألف طن/كم^3 بمتوسط تركيز عام يبلغ 2000 ميكروجرام/م^3.

الكثبان الرملية المتحركة:

وتمثل الكثبان الرملية المتحركة التي تحركها الرياح خطرا داهما علي بعض القري التي تقع علي حافة الصحراء، وعلي بعض الواحات وفي بعض الحالات غطت هذه الرمال قري باكملها واتلفت حقولها وافسدت تربتها الزراعية... وبعض هذه الكثبان الرملية المتحركة بالغ الارتفاع حتي أنه قد يغطي جذوع النخيل ولا يبقي منها الا قممها التي كانت محملة بالثمار يوما ما.

وفي كثير من الاحيان تزحف الصحراء بصورة تدريجية لتغطي التربة الصالحة للزراعة وتفسدها، وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة "التصحر" اي تحول الأرض الخصبة القابلة للزراعة الي صحراء جدباء وتحدث هذه الظاهرة في افريقيا.وتزحف اصحراء عاما بعد عاما نحو الجنوب لتغطي مناطق شاسعة من اقليم السافانا، وتزداد تبعا لذلك الرقعة التي يحدث بها التصحر كل عام، وتمتد هذه الظاهرة كذلك من البحر الاحمر في شرق افريقيا الي المحيط الاطلنطي غربا.

عواصف الرعد والبرق Thunderstorms:

وهي عواصف تنشأ بفعل التيارات الصاعدة Convectional خلال فترة زمنية قصيرة، وتتخذ عواصف الرعد والبرق أدوارها في سحب المزن الركامية، ويسقط بسببها أمطار غزيرة جداً (قد يسقط خلال العاصفة الواحدة نحو ثلث مليون طن من الأمطار) خلال وقت قصير. وعلى ذلك ينتشر حدوث تلك العواصف في

مناطق متفرقة من سطح الأرض وخاصة في المناطق المدارية الحارة الرطبة، التي تتعرض بكثرة للهواء الانقلابي الصاعد الحار الرطب، ولا تحدث في المناطق التي تتعرض للهواء البارد كما هوالحال عند القطبين.

ج- تلوث الهواء من حرق الغابات كأحد المصادر الطبيعية:

تنبعث من الحرائق التي تحدث في الغابات والـــمنَابت الأخـــرى غـــازات وجسيمات تؤثـــر على تركيب الغلاف الجوي على الصعيدَيْن المحلي والعـــالمي. وتشتمل الملوّثات الواسعة الانتشار على مواد جسيمية particulate، وعلى أكاسيد النتروجين، وثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون. وتعتبر الجسيمات الدقيقـــة التي يحملها الهواء (والتي يقل قطرها عن 2.5 مكرومتر) أكثر الملوّثـــات تـــأثيراً على الصحة. ومن الأرجح أن تترسب هذه الجسيمات في الأجـــزاء السـفلى مـــن الجهاز التنفسي، حيث يمكن أن تؤدي إلى مشكلات صحية متعـــددة مـــن جـــرّاء طبيعتها الفيزيائية والكيميائية. ويزيد استخدام حرائـــق النباتـــات بُغيـــةَ تخلـــيص الأراضي من الأعشاب إلى سرعة تغيُّر البيئة وتدهورها. وغالباً ما تكـــون هـــذه الممارسات نتيجةً للفقر.

ونظراً لما لحرائق النباتات من آثار بعيدة المدى، فإن هذه الحرائق يمكن أن تتطوّر من كارثة طبيعية إلى طوارئ أشد تعقُّداً نتيجةً لحركات الســكان وآثارهـــا على اقتصاد البلدان المتأثـــرة وأمنها. وتوفِّر الدلائل الإرشادية الصـــحية لمنظمـــة الصحة العالمية حول حرائق النباتات دليلاً لتنفيذ نظام للإنـــذار المبكـــر لحمايـــة الجمهور من الآثار الصحية للدخان والضباب الناتجين عن حرائق النباتات، ومـــن ثـــمَّ مساعدة الحكومات على التصدّي لهذه الأحداث المتكررة.

ثانياً: المصادر البشرية للتلوث الهوائي

ويقصد به التلوث الجوي البشري، اي الناجم عن استعمالات المختلفة، مـــن خلال انشطه المختلفة في البيئة التي يعيش بها،سواء كانت هذه الاستخدمات فـــي الصناعة او في الأنشطة المنزلية والحياتية اليومية.

وبمقارنتها بالمصادر الطبيعية، فأنه مهما تعاظم الملوثات الطبيعية، فنها اقل من الملوثات البشرية ، كما ان نوعيتها اقل خطورة وتاثيرا علي البيئة الحيوية من نوعية الملوثات التي احدثها الإنسان في بيئته وعموما فأنه يمكن اجمال الملوثـــات البشرية للهواء في المجموعات الاتية:

1- الملوثات الناتجة عن حرق الوقود لانتاج الطاقة.
2- الملوثات الناتجة عن انبعاث العوادم من وسائل النقل المختلفة.
3- الغازات النى تنطلق من النفايات والمخلفات البشرية بجميع انواعها.
4- الغازات ومركباتها المختلفة وجزيئات الغبار والحرارة المتولدة من المواقع الصناعية.
5- الملوثات التي تنتج من اعمال التعدين والتنقيب واستخراج البترول.

والجدول التالي يبين الملوثات المنطلقة الي الجو سنويا مـــن ســـطح الأرض بفعل الإنسان (بملايين الاطنان).

جدول 4-3

الملوثات المنطلقة الي الجو سنويا من سطح الأرض

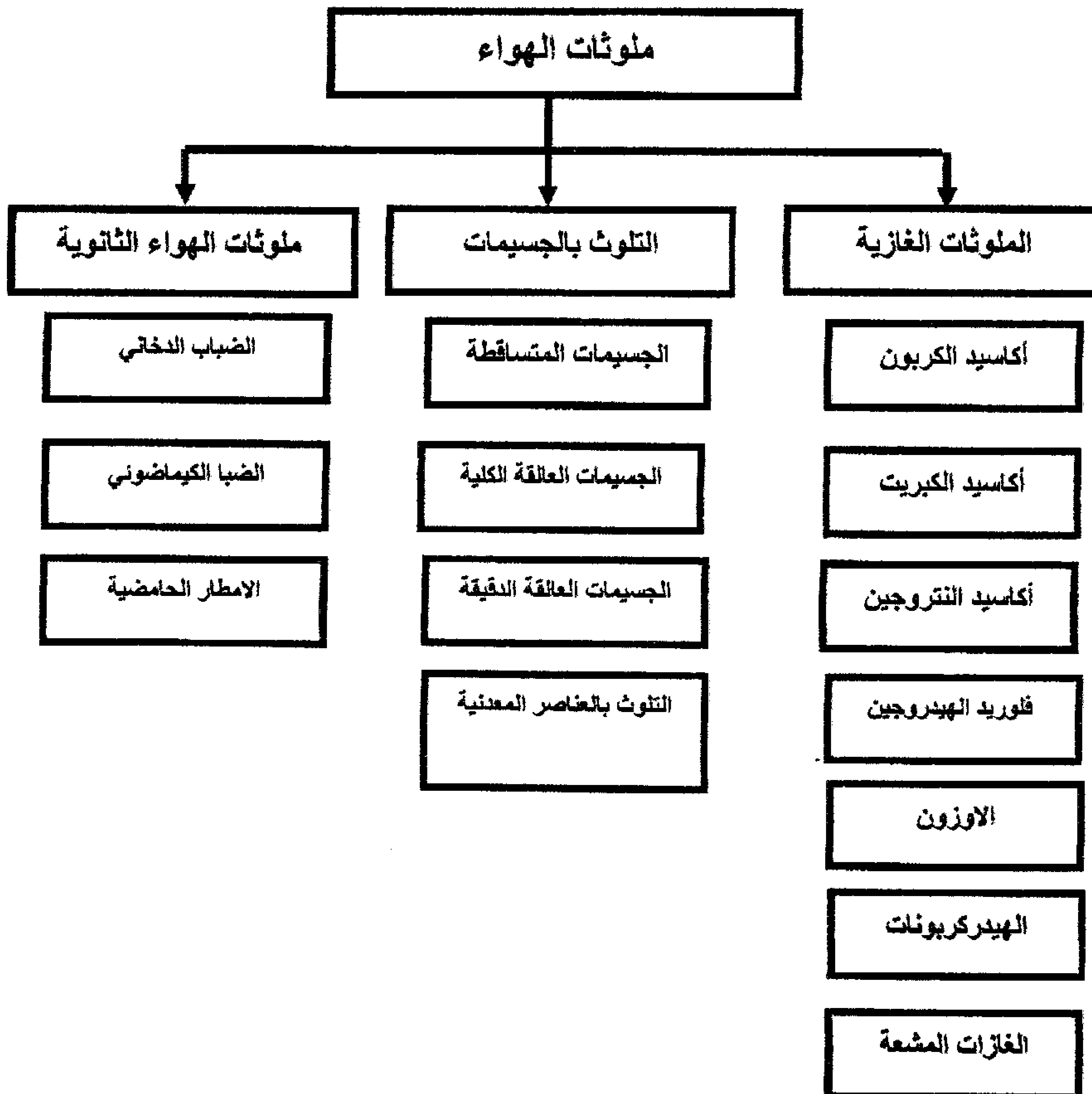
مصدر التلوث	اول أكسيد الكربون	أكاسيد الكبريت	الجزيئات	أكاسيد النتروجين	الهيدركربونات
وسائل النقل	63.8	0.8	1.2	8.1	16.6
احتراق لوقود	1.9	24.4	8.9	10.0	0.7
عمليات صناعية	9.7	7.3	7.5	0.2	4.6
النفايات الصلبة	7.8	0.1	1.1	0.6	1.6
مصادر مختلفة	16.9	0.6	9.6	1.7	8.5
المجموع	100.1	33.3	28.3	20.6	32.0

4-3-2. ملوثات الهواء Air Pollutants

تنقسم ملوثات الهواء عموما الي ثلاثة اقسام رئيسية وقد وضع هذا التقسـيم بناء علي طبيعة وصفات هذه الملوثات وهي كالاتي:

- ◊ **الملوثات الغازية**
- ◊ **التلوث بالجسيمات**
- ◊ **ملوثات الهواء الثانوية**

ويبين الشكل التالي مخطط لاهم انواع الملوثات الهوائية.



شكل 2-1 مخطط يبين انواع الملوثات الهوائية

أولاً: ملوثات الهواء الغازية

1- أكاسيد الكربون Carbon Oxides

وهي تشمل غازات اول وثاني اكسيد الكربون اللذان يعدان اكثر الغازات الكربونية تلويثا للهواء.

(أ) غاز اول أكسيد الكربون CO

من الغازات الشديدة السمية ينتج من الاحتراق غير التام للكربون والمركبات العضوية مثل الفحم وهو من صور الكربون وأيضا بعض الزيوت والشحوم من الآلات والمركبات. وهو من الجزيئات ثنائية الذرة غير المتجانسة وذلك لأنه يحتوي علي عنصرين مختلفين هما الكربون والاوكسجين.

ويتولد غاز اول أكسيد الكربون من تفاعل غاز الميثان (الناتج من تحلل المواد العضوية) مع الاوزون. كما تبين المعادلات الآتية:



$$CH_4 + O_3 \longrightarrow CO + 2H_2O$$

كما يتولد ايضا من تفاعل بعض الفلزات مع أكاسيدها مع الكربون ومحروقاته كما في حالة الزنك.

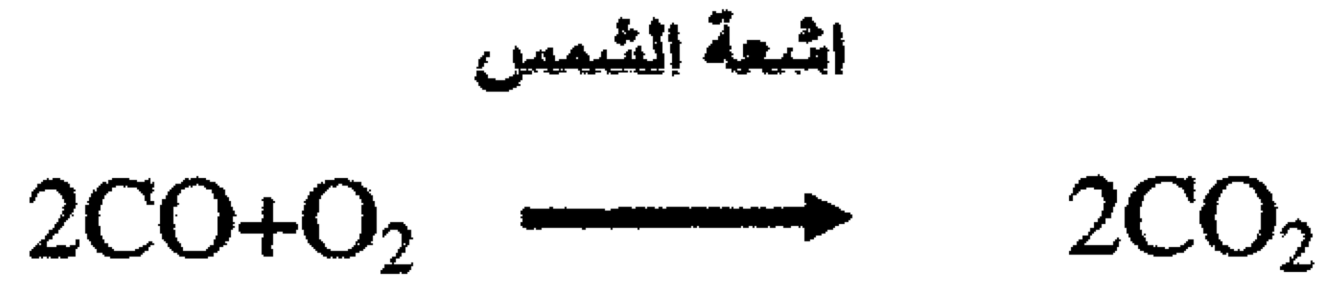


$$CH_4 + Zn \longrightarrow CO + ZnO$$

وعند وجود غاز اول أكسيد الكربون مع غاز الكلور وبمساعدة الضوء يتولد غاز الفوسجين وهو غاز عديم اللون ذو رائحة كريهة و شديد السمية اذ كان يستخدم في الحرب العالمية الاولي كغاز سام.

يتميز غاز اول أكسيد الكربون بأنه لا لون ولا طعم ولا رائحة وينحل في بلازما الدم بقدرما ينحل بالماء، ويوجد بالهواء الطبيعي غير الملوث بتركيزلا يزيد 0.1 جزء في المليون. ويتأكسد في الطبيعة الي غاز ثاني أكسيد الكربون في

وجود ضوء الشمس بنسبة 1 % من حجمه بالساعة طبقا للمعادلـــة الاتيـــة: طبقـــا للمعادلة الآتية:



$$2CO+O_2 \longrightarrow 2CO_2$$

مصادره:

ينتج هذا الغاز بسبب الاحتراق غير الكامل للوقود، وخصوصا في مركبات النقل وذلك لعدم توفر الأكسجين الكافي للاحتراق. كما ان كمية هذه الغاز تتناسب عكسيا مع سرعة المحرك فكلما زادت السرعة قل معدل اطلاقة من المركبة فعندما تكون سرعة المحرك 18 كم /ساعة فان نسبة غاز اول أكسيد الكربون قد تصل الي 5% من مجموع الغازات المنطلقة من العادم. وعندما تصل السرعة الي110 كـم /ساعة تقل النسبة لتصل الي 2 %. مما يفسر الارتفاع الكبير في تركيز اول أكسيد الكربون داخل المدن عنه في الطرق الخارجية.

كما ينتج من العديد من الصناعات مثل مصافي النفط وصناعاته، ومصـــاهر الحديد والفولاذ وغيرها. كما ينتج هذل الغاز من اكسدة البكتريا لبعض المركبـــات في التربة.الا ان عوادم السيارات تشكل المصدر الرئيسي لتلوث الهواء بهذا الغاز.

تأثيره على صحة الإنسان:

يعتبر غاز اول أكسيد الكربون من اشد الغازات الملوثـــة للهـــواء ســـمية، ويتغير تأثير هذا الغاز علي صحة الإنسان تبعا لتركيزه. وفي الولايـــات المتحـــدة الامريكية فان تركيز هذا الغاز المسموح به هو 9 جزء في المليون.

- عندما يصل تركيزه الي 50 جزء من المليون لمدة سته اسابيع فان ذلك يـــؤثر علي عمل القلب والدماغ كما يؤثر علي حدة الرؤيا.
- عندما يصل تركيزه الي 85 جزء من المليون فان فاعلية الدم لنقل الأكســـجين تقل بمعدل 15 %.

- التعرض لتركيز 100جزء من المليون لعدة ساعات يسبب الدوران وصعوبة التنفس وارتخاء العضلات.
- واذا وصل التركيز 100 جزء من المليون فان ذلك يؤدي الي الغيبوبة والوفاة
- وعندما يصل التركيزالي 1000 جزء من المليون تحدث الوفاة حالا.

ويعزي ذلك الي قدرة الغاز علي الاتحاد بهيموجلوبين الدم بدلا من الأكسجين مكونا كربوكسي هيموجلوبين، حيث ان قدرته للاتحاد مع الهيموجلوبين تفوق قدرة الأكسجين ب250 مرة. وعندما يصل تركيز اول أكسيد الكربون في الهواء الي 120 جزء من المليون فان تركيز الكربوكسي هيموجلوبين تصل الي 20%،عندما يصل التركيز الي 600 جزء من المليون فأنه يصبح تقريبا كامل الهيموجلوبين محملا بغاز اول أكسيد الكربون.

والجدول التالي يبين التأثيرات التي يحدثها غاز اول اكسيد الكربون عند تركيزات مختلفة.

جدول 2-4

التركيز %	التأثير
1	لا يلاحظ اي تأثير
2-1	تغير في تصرفات الإنسان
5-2	تأثيرات نفسية وعصبية وتدني في الشعور بالزمن
اكثر من 5	تأثر القلب والجهاز التنفسي ورغبة شديدة بالنوم والام بالراس

ذلك، نجد أن مواصفات جودة الهواء في الكثير من الدول تنص على ألا يزيد تركيز غاز اول أكسيد الكربون في الهواء عن 3ـ9 أجزاء في المليون. وتنص مواصفات جودة الهواء Ambient Air Quality Standards من قبل وكالة حماية البيئة (Environmental Protection Agency (EPA) الأمريكية، وتتبعها في ذلك الكثير من البلدان العالم، على أنه يجب:

(1) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز اول أكسيد الكربون في الساعة الواحدة، خلال أي مدة طولها 30 يوماً، 40 ملليجرام/ متر مكعب من الهواء (35 جزء في المليون)، أكثر من مرتين في أي موقع.

(2) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز اول أكسيد الكربون في الهواء، في أي ثمان ساعات، خلال أي فترة طولها 30 يوماً، تركيز 10 ملليجرام/ متر مكعب من الهواء (9 أجزاء في المليون)، أكثر من مرتين في أي موقع.

(ب) غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2:

عبارة عن غاز عديم اللون و الرائحة، ولكن له طعم غير مقبول ويتراوح تركيزه في الهواء الجاف غير الملوث 300-330 جزء من المليون. وبسبب اطلاق كمية كبيرة من هذا الغاز من مصادر مختلفة علي الصعيد العالمي فقد وصل تركيزه في الهواء الي 346 جزء من المليون عام 1988. ويكون اقل تركيز له في الهواء في النصف الثاني من النهار حيث تكون عملية التمثيل الضوئي في اوجها والتي تستهلك كميات كبيرة من هذا الغاز لانتاج الكربوهيدرات.ويعتقد ان هناك زيادة سنوية لتركيزهذا الغاز تقدر 00.7 جزء من المليون سنويا بسبب احتراق الوقود.

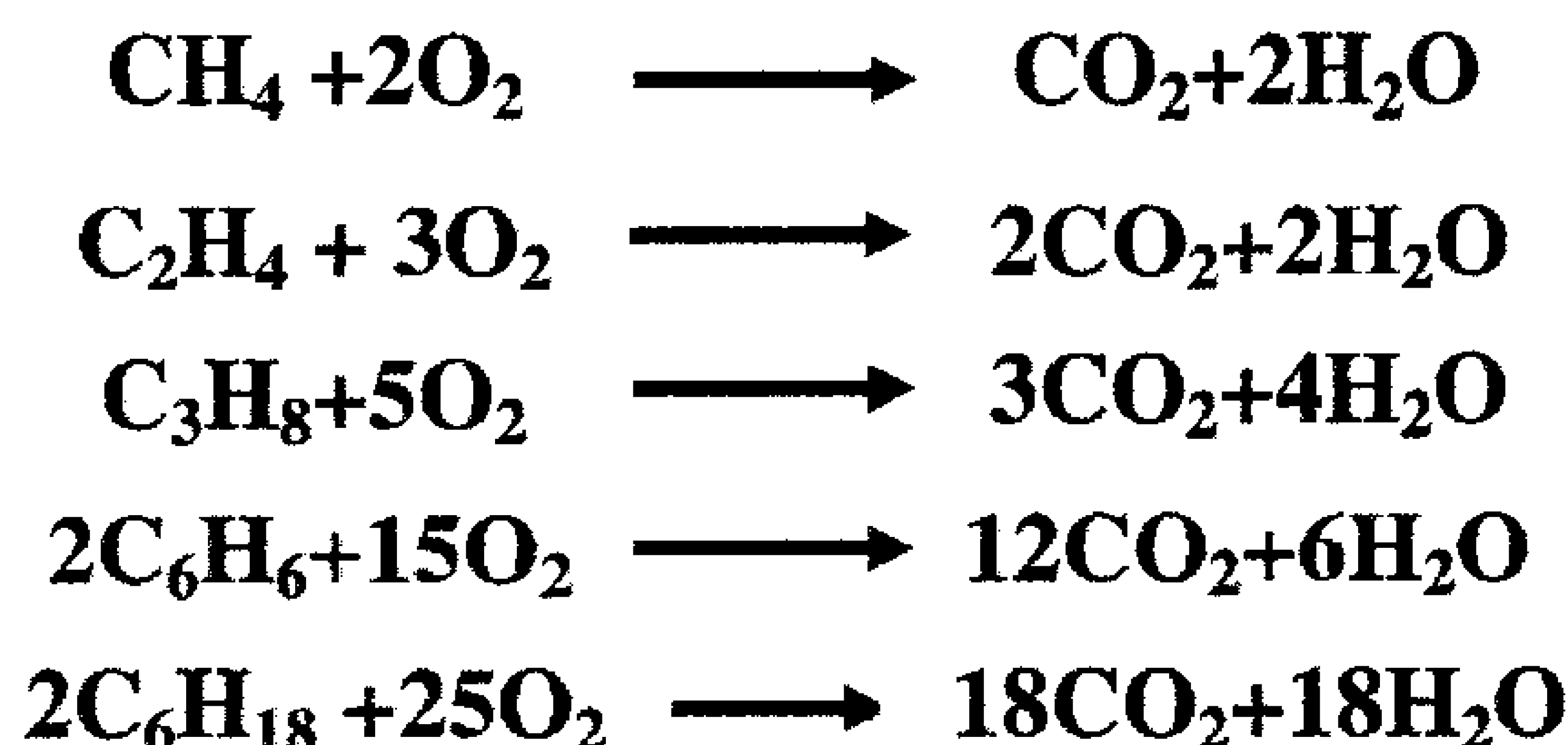
بالوعات ثاني أكسيد الكربون:

يطلق على الأشياء التي تعمل على إزالة الكربون من الغلاف الجوي بالوعة الكربون. على سبيل المثال، تستهلك النباتات الخضراء ثاني أكسيد الكربون خلال عملية التخليق الضوئي. أما حرق الخشب والوقود الأحفوري، فيمثلان مصادر لثاني أكسيد الكربون. وتشكل المحيطات مصدرًا لثاني أكسيد الكربون ومصبًا له كذلك. ويرجع السبب في ذلك إلى أن ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء الملامس لسطح المحيط يذوب في الماء، ومن ثم تتم إزالته من الغلاف الجوي. وفي الوقت نفسه، يتم إطلاق ثاني أكسيد الكربون المذاب في الغلاف الجوي. ويتوقف التوازن بين تلك العمليتين على عدة عوامل، كما يتغير بمرور الوقت. وفي

الوقت الحالي، تعد كمية ثاني أكسيد الكربون الذائبة في المحيطات أكثر من تلك التي يتم إطلاقها. ومعنى ذلك، أن المحيطات تشكل في الوقت الراهن بالوعات لثاني أكسيد الكربون.

مصادره:

ينتج ثاني أكسيد الكربون عند احتراق المواد الكربونية، حيث يشكل 21 % من مجموع الغازات المتصاعدة من عملية الاحتراق. كما ينتج هذا الغاز اضافة الي بخار الماء من الاحتراق الكامل عند اختلاط الوقود بمواد هيدركربونية مع كمية كافية من الهواء. كما يتصاعد هذا الغاز من صناعات متعددة مثل صناعة الالمنيوم وجمض الفسفوريك والهيدروجين.كما يتصاعد من العمليات البيولوجية ومن تخمر المواد السكرية. الي أنه الاحتراق الكامل للوقود يشكل المصدر الاساسي لتلوث الهواء بغاز ثاني أكسيد الكربون كما توضح المعادلات الاتية:



$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

$$C_2H_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O$$

$$C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

$$2C_6H_6 + 15O_2 \longrightarrow 12CO_2 + 6H_2O$$

$$2C_6H_{18} + 25O_2 \longrightarrow 18CO_2 + 18H_2O$$

كما يتضح من المعادلات السابقة فان كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعثة تعتمد علي نوع الوقود المستخدم. كما ان احتراق المواد البلاستيكية المحتوية علي بوليمرات البولي ايثيلين Polyethylene والبولي استيارين polystyrene عمد حرارة 300–450 درجة مئوية ينتج عنه انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون.

وتشير تقارير الأمم المتحدة إلى أن الأنشطة البشرية تتسبب فى اطلاق 177 مليون طن من CO_2 على مستوى العالم، وفى الكويت وحدها أدت حرائق آبار

النفط (حوالى 8 ملايين برميل يوميا) بسبب الغزو العراقى إلـــى اطـــلاق حـــوالى مليونى طن من هذا الغاز فى سماء الكويت.

تأثيره علي صحة الإنسان:

لا يعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون مصدر تلوث خطر علي صحة الإنســـان والحيوان، حيث أنه يوجد في الهواء الطبيعي بتركيز 345 جزء من المليـــون.فـــي حين تكون الجرعة القاتلة للانسان من هذا الغاز 80.000 جزء من المليون. ولكن مصدر خطورته تكون في ازدياد تركيزه بنسبة 0.7 % سنويا. ويعتقـــد ان تلـــك الزيادة المستمرة من اطلاق هذا الغاز هي السبب الرئيسي لزيادة درجـــة حـــرارة المدن المزدحمة بوسائل النقل. وتسمي هذه الظاهرة بظـــاهرة البيـــوت الزجاجيـــة Green House phenomenon.

فعندما تسقط اشعة الشـــمس المرئيـــة ذات الطـــول المـــوجي 0.4 –0.75 ميكروميتر عبر الغلاف الجوي فان الحرارة الساقطة يتم امتصاصها من قبل سطح القشرة الأرضية ثم لا تلبث ان تفقدها الأرض في صورة اشعة تحـــت الحمـــراء. وعندما يخلو الهواء من الملوثات فان كمية الحرارة الممتصة من قبل سطح الأرض تعادل كمية الحرارة التي تفقدها الأرض وبالتالي لا يحدث تغيير في درجة حـــرارة الأرض او الغلاف الجوي. ولكن عندما يزيد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون فـــي الهواء فان هذا الغاز يقوم بامتصاص جزء من الأشعة تحت الحمراء التي تنبعـــث من سطح الأرض ويحتفظ بها في الغلاف الجوي مما يؤدي الـــي ارتفـــاع درجـــة حرارة الغلاف الجوي ومن ثم القشرة الأرضية.ويعتقد أنه اذا بقيت الزيـــادة فـــي تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون علي ما هي عليه بمعدل 0.4 % في السنة فسيرتفع تركيزه الي 400–551 جزء من المليون عـــام 2030 وارتفـــاع حـــرارة الأرض بمعدل 1.3–2.5 درجة مئوية مما يعني ذوبان كتل وجبال الجليد فـــي المنـــاطق القطبية وسينتج فيضانات واعاصير مدمرة.

وتعتبر الولايات المتحدة هي أكبر منتج لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الإنسان والتي يقول العلماء أنها السبب الرئيسي للغازات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري.

2- أكاسيد النتروجين Nitrogen Oxides:

يقصد بأكسيد النتروجين مركبات النتروجين الغازية والتي تتكون من اتحاد النتروجين بالأكسجين تحت درجات حرارة عالية كما هو الحال عند احتراق الوقود في الافران او في وسائل النقل وغيرها واهم هذه المركبات اول أكسيد النتروجين NO وثاني أكسيد النتروجين NO_2.

وينتج حوالي 70% من أكاسيد النتروجين الموجود في الجو من احتراق الوقود داخل السيارات والباقي من الصناعات المختلفة ومن محطات توليد الكهرباء وغيرها.

وتعمل أكاسيد النيتروجين، وخاصة ثاني أكسيد النيتروجين على امتصاص الأشعة الشمسية المرئية، وعندما يصل تركيز ثاني أكسيد النيتروجين في الهواء إلى 0.25 جزء في المليون، فأنه يتسبب في انخفاض مدى الرؤية. كما تؤثر غازات أكاسيد النيتروجين على نمو وإنتاج النباتات، فعندما يصل تركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين في الهواء إلى 0.5 جزء في المليون لمدة 10ـ12 يوماً، فإن نمو وإنتاجية الطماطم تتدنى، أما إنتاجية الحمضيات، خاصة البرتقال، فتتدنى عندما يصل تركيز ثاني أكسيد النيتروجين إلى 0.25 جزء في المليون. أما تأثير أكاسيد النيتروجين على الإنسان مباشرة، فتراوح بين الرائحة غير المستحبة، والحساسية الخفيفة، عندما تكون تركيزها منخفضة، إلى تأثيرات كبيرة على الجهاز التنفسي عندما يصل تركيزها إلى 6ـ12 جزء في المليون. ويكون هذا التأثير أكثر وضوحاً على الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين عامين وثلاثة أعوام.

غاز عديم اللون وهو لا يساعد علي الاشتعال العادي، ويتكون من اتحاد النتروجين بالأكسجين في الهواء الجوي بفعل حرارة احتراق الوقود.



$$2N_2 + O_2 \longrightarrow 2NO$$

ويتحد اول أكسيد النتروجين بالأكسجين في درجات الحرارة العالية مكونا ثاني أكسيد النتروجين.



$$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

كما يمكن ان يتكون ثاني أكسيد النتروجين بالتفاعل مع الأكسجين مباشرة



$$N_2 + 2O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

كما ان أول أكسيد النتروجين ينتج من عمليات التحلل الحيوي بفعل الكائنات الدقيقة، وكذلك من عمليات الاحتراق وبفعل البرق(التفريغ الكهربي للسحب الرعدية)، والذي بدوره يتفاعل مع الأكسجين الجوي مكونا غاز ثاني أكسيد النتروجين



$$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

(ب) ثاني أكسيد النتروجين:

غاز بني مصفر وذلك نتيجة امتصاصة للون الاخضر المزرق في وجود اشعة الشمس، كما أنه يتفاعل مع الماء مكونا حمض النتيريك HNO_3 وحمض النتروز HNO_2 الذان بشكلان مصدر للتلوث بالامطار الحامضية. ففي البداية يحدث تفاعل كيموضوئي حيث يمتص غاز ثاني أكسيد النيتروجين الأشعة فوق البنفسجية من الإشعاع الشمسي ليتكون اول أكسيد النيتروجين والأكسجين الذري:



$$NO_2 \xrightarrow{\text{Energy}} NO + O\cdot$$

ومن ثم يتفاعل الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي مكوناً الأوزون O_3



$$O\cdot + O_2 \longrightarrow O_3$$

ومن ثم يتفاعل غاز الأوزون مع الهيدروكربونات مثل الميثان CH_4 والإيثان C_2H_2 والإثيلين C_2H_4 المنبعثة من الاحتـــراق الكامـــل وغيـــر الكامـــل للوقـــود الأحفوري، مكوناً حمض الاوزوت (النيتريك) HNO_3.

مصادر أكاسيد النتروجين:

تنطلق أكاسيد النتروجين من عوادم السيارات نتيجة احتراق الوقـــود، كمـــا تتصاعد من احتراق الفحم والغاز الطبيعي ومعظم خامـــات الـــنفط ومـــن حـــرق الفضلات العضوية. كما تنطلق من صناعة البلاستيك والزيوت والنحاس واطارات السيارات.كذلك تنطلق هذه الغازات من صناعة نترات الامونيوم وصناعة حمـــض النتريك. بالاضافة لتلك المصادر الصناعية تنطلق أكاسيد النتروجين من التفاعلات التي تحدث في الغلاف الجوي. والتي تشكل المصدر الاكبر لهذه الغـــازات حيـــث يتكون أكسيد النيتروز N_2O من خلال الدورة النتروجينية في الطبيعة بفعل البكتريا في التربة ومن اكسدة المواد العضوية النتروجينية، والذي يتحول بدوره الي أكسيد النتروجين باثر الأشعة فوق البنفسجية.



$$2N_2O + h\nu \longrightarrow N_2 + 2NO$$

كما ان اول أكسيد النتروجين ينتج من عمليات التحلل الحيوي بفعل الكائنات الدقيقة، وكذلك من عمليات الاحتراق وبفعل البرق (التفريـــغ الكهربـــي للســـحب الرعدية)، والذي بدوره يتفاعل مع الأكسجين الجوي مكونـــا غـــاز ثـــاني أكســـيد النتروجين.



$$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

تأثير ثاني أكسيد النتروجين علي الإنسان:

يتفاوت تأثير ثاني أكسيد النتروجين علي صحة الإنسان تبعا لتركيزه وفترة التعرض، فعندما يصل تركيزه الي 3 أجزاء من المليون يبدا الإنسان بالتاثر حيث يسبب تهيج الانف والعين. وعموما اضرار ثاني أكسيد النتروجين كالاتي:

1. يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للمجاري التنفسية ويسبب أضرار في الرئة مثل pulmonary edema.
2. يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للعين.
3. يحدث ضرراً في طبقة الاوزون.
4. يكون الأمطار الحمضية.

كما يعتبر ثاني أكسيد النتروجين من الملوثات شديدة الخطورة لأنه يشكل المفتاح الذي يدخل في سلسلة من التفاعلات الكيموضوئية مكونا الضباب الكيموضوئي وذلك بوجود الهيدروكربونات و ثاني أكسيدالكبريت واشعة الشمس.

وتنص مواصفات جودة الهواء Ambient Air Quality Standards من قبل وكالة حماية البيئة (Environment Protection Agency (EPA الأمريكية، وتتبعها في ذلك العديد من بلدان العالم، على أنه يجب:

(1) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين، في الساعة الواحدة، خلال أي فترة مدتها ثلاثون يوماً، تركيز 660 ميكروجرام من غاز ثاني أكسيد النيتروجين في المتر المكعب من الهواء (0.35 جزء في المليون)، أكثر من مرتين في أي موقع.

(2) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين، في العام، خلال أي فترة طولها 12 شهراً، تركيز 100 ميكروجرام من ثاني أكسيد النيتروجين في المتر المكعب الواحد من الهواء (0.05 جزء في المليون) في أي موقع.

و. غاز الاوزون O3 يتكون غاز الاوزون في الطبقات السفلى من الغلاف

الجوي، عندما يحتوي الهواء على ثاني أكسيد النيتروجين ولو بتراكيز قليلة، وذلك عن طريق امتصاص غاز ثاني أكسيد النيتروجين للأشعة فوق البنفسجية من الإشعاع الشمسي لينتج اول أكسيد النيتروجين والأكسجين الذري.

3- أكاسيد الكبريت **Sulfur Oxides** :

توجد أكاسيد الكبريت في الهواء علي هيئة ثاني أكسيد الكبريتSO_2 وثالث أكسيد الكبريتSO_3. يُعد ثاني أكسيد الكبريت من أخطر ملوثات الهواء، وهو غاز عديم اللون وغير قابل للاشتعال. يُعد ثاني أكسيد الكبريت من أخطر ملوثات الهواء، وهو غاز عديم اللون وغير قابل للاشتعال. وعندما تكون نسبة الرطوبة في الهواء مرتفعة،فإن ثاني أكسيد الكبريت، يتحول عن طريق التفاعلات الكيموضوئية إلى ثالث أكسيد الكبريت SO_3، الذي بدوره يتحد مع قطرات الماء مكوناً حمض الكبريت H_2SO_4، وينتج عن ذلك ما يعرف باسم الضباب الدخاني Smog. وتراوح تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء داخل المدن الكبيرة بين 0.01 و0.2 جزء في المليون، وعندما يصل تركيزة في الهواء إلى 0.1 جزء في المليون، او أكثر، فإن الرؤية تنخفض إلى حوالي 8 كيلومتر بسبب زيادة التفاعلات الكيموضوئية المكونة للضباب الدخاني. كما أن زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء الرطب تزيد من تآكل المعادن وتجويتها، فنجد أن الألمونيوم يزداد معدل تآكله في المدن الملوثة بثاني أكسيد الكبريت، عنه في الأرياف بمعدل 14ــ17 مرة. ويرجع التآكل السريع لبعض التماثيل والنصب المصنوعة من الأحجار خاصة الحجر الجيري في المدن الكبيرة، مثل تمثال الحرية في مدينة نيويورك بشرق الولايات المتحدة الأمريكية، والأهرامات حول القاهرة في مصر، إلى ارتفاع حموضة الأمطار والضباب الناتج عن ارتفاع تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في الجو، كما توضح المعادلات الكيميائية التالية:



$$2SO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{ضوء}} 2SO_3$$



$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$



$$H_2SO_4 \longrightarrow H^+ + HSO_4$$



$$CaCO_3 + H^+ \longrightarrow Ca^{++} + HCO_4$$

مصادر غاز ثاني أكسيد الكبريت:

يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت من حرق الكبريت او الكبريتيد او مركبات الكبريت بشكل عام. وتنطلق النسبة الكبري من مركبات الوقود الحفري الذي يحتوي علي كبريت مثل الفحم والبترول.حيث يحتوي النفط الخام علي نسبة من الكبريت تتراوح بين 1- 5%،كما يحتوي الفحم علي نسبة 0.4 -0.5 % من الكبريت. ويتصاعد هذا الغاز من الصناعات التي يدخل فيها عنصر الكبريت مثل صناعة حمض الكبريتيك.كما ينطلق من صناعات عديدة اخري كصناعة الاسمدة وصناعة الطوب وصناعة النحاس والدباغة والورق والمطاط والزيوت والنسيج.كما ينتج هذا الغاز من مصادر طبيعية كالبراكين وينابيع المياه المكبرتة ومن تحلل المواد العضوية.

تأثير ثاني أكسيد الكبريت علي الإنسان:

يدخل ثاني أكسيد الكبريت إلى جسم الإنسان من طريق الجهاز التنفسي، ويتم التخلص منه من طريق البول على هيئة كبريتات. ويظهر أثر غاز ثاني أكسيد الكبريت على الإنسان على شكل تخريش شديد للأغشية المخاطية في الجهاز التنفسي، ما يسبب السعال الجاف، والألم الصدري، والتهاب القصبات الهوائية، وضيقاً في التنفس. أما إذا تعرض الإنسان لتركيز عالٍ لثاني أكسيد الكبريت في الهواء، فأنه يصاب بتشنجات فجائية واختناق. أما التعرض لمدد طويلة ولو لتراكيز

منخفضة من غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء، تسبب ظهور أعراض تدني في حاسة الذوق، وحاسة الشم، والتهاب القصبات المزمن، والتصلب الرئوي. وقد أظهرت الدراسات التي أجريت في مدينة نيويورك على الأطفال الذين تراوح أعمارهم بين 1ـ12 سنة، أن الذين يعيشون في اوساط ملوث هوائها بغاز ثاني أكسيد الكبريت يعانون من التهاب القصبات الهوائية بنسبة تزيد بنحو 20% عن الأطفال في الفئة العمرية نفسها، الذين يعيشون في اوساط هوائها غير ملوث بغاز ثاني أكسيد الكبريت. ويعتبر التركيز 150 جزء من المليون هو الجرعة القاتلة للانسان من هذا الغاز.

وتنص مواصفات جودة الهواء Ambient Air Quality Standards من قبل وكالة حماية البيئة (Environmental Protection Agency (EPA الأمريكية، وتتبعها في ذلك الكثير من البلدان في العالم، على أنه يجب:

(1) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في الساعة الواحدة، خلال أي فترة طولها ثلاثون يوماً 800 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء (0.28 جزء في المليون)، أكثر من مرتين في أي موقع.
(2) ألا يتعدى متوسط تركيز ثاني أكسيد الكبريت في 24 ساعة خلال أي فترة طولها 12 شهراً 400 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء (0.14 جزء في المليون)، أكثر من مرة واحدة في أي موقع.
(3) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في العام 85 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء (0.03 جزء في المليون) في أي موقع. أما تأثير غاز ثاني أكسيد الكبريت على النبات فيتمثل بشكل أساسي في زوال اللون الأخضر بين عروق الاوراق، حيث يتحول بالتدريج إلى اللون الأصفر او البني. وكلما ازدادت كمية ثاني أكسيد الكبريت التي تنفذ عبر الثغور إلى داخل الاوراق، كلما ازداد الضرر الذي يلحق بالنبات، لذلك، نجد أن العوامل التي تزيد تفتح ثغور اوراق النبات تزيد من تأثير ثاني

أكسيد الكبريت على النبات، بينما تعمل العوامل التي تقلل من تفتح ثغور اوراق النبات، كالإجهاد المائي، على زيادة مقاومة النبات لتأثير ثاني أكسيد الكبريت. وتختلف حساسية النباتات لغاز ثاني أكسيد الكبريت من نوع إلى آخر. فالأنواع الحساسة لتركيز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء، مثل: البرسيم الحجازي تتضرر اوراقه ويحدث لها تلف موضعي في أنسجتها حتى ولو كانت تركيز ثاني أكسيد الكبريت أقل من 0.5 جزء من المليون لمدة ثماني ساعات متتالية. أما الأنواع الأقل حساسية لثاني أكسيد الكبريت، مثل نبتة الفليون، فلا تتضرر إلا عندما يصل تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء إلى 2ــ3 جزء في المليون، لمدة ثماني ساعات متتالية.

4- كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulfide

ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين من تخمر المخلفات البشرية السائلة، ومن الصناعات الجلدية وصناعة تكرير النفط وصناعة المطاط، ومن احتراق المواد التي تحتوي على عنصر الكبريت مثل الفحم وبعض المشتقات البترولية. الا ان المصدر الرئيسي لتلوث البيئة ياتي من تكرير البترول وبعض الصناعات البتروكيماوية باعتباره احد مكونات البترول والغاز الطبيعي.كما يوجد غاز كبريتيد الهيدروجين في كثير من المياه المعدنية (المياه الكبريتية) كما يتصاعد من فوهات البراكين حيث يحترق كثير منه احتراقا غير كامل الي كبريت وماء.

وغاز كبريتيد الهيدروجين بأنه غاز سريع التأكسد ليتحول الي غاز ثاني أكسيد الكبريت بتفاعله مع الاوزون.



$$H_2S + O_3 \longrightarrow SO_2 + H_2O$$

ويتميز غاز كبريتيد الهيدروجين برائحته النفاذة التي تشبه رائحة البيض الفاسد. ويُعد غاز كبريتيد الهيدروجين من أشد الغازات سُمية، إذ أنه أشد سمية حتى من غاز اول أكسيد الكربون، ويدخل غاز كبريتيد الهيدروجين إلى جسم

الإنسان من طريق التنفس والجلد. ويؤثر في الجهاز العصبي المركـزي، ويثـبط عملية الأكسدة الخمائرية بسبب تأثيره علي الانزيمات الفعالة الخاصة بالتنفس، مـا يحدث اضطراباً في التنفس الخلوي. كما يؤثر هذا الغاز في قدرة الإنسـان علـى التفكير، ويهيج الأغشية المخاطية في المجاري التنفسية وملتحمة العين.

ويبلغ تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء المسموح به بـين 0.003 و0.008 جزء في المليون. وبمجرد الشعور برائحة غـاز كبريتيـد الهيـدروجين (رائحة البيض الفاسد) يعني أن تركيزه في الهواء قد تعدى الحدود المسموح بهـا. كما ان التعرض لتركيز 100 جزء من المليون يتلف حاسة الشم تماما واذا اسـتمر ساعة يتلف الجهاز التنفسي.كما ان التعرض لتركيز 300 جزء من المليون لمـدة دقيقة واحدة يقتل الإنسان.

وبالنسبة لمياه الشرب فتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين بنسبة 70 جزء فـي المليون(ppm) قد يسبب مشاكل في الجهاز الهضمي. والتعرض المباشر للمياه التي تحتوي على هذه المستويات من غاز كبريتيد الهيدروجين قد تسبب الاحمرار والألم. فقد تتهيج العين في مستويات غاز كبريتيد الهيدروجين المنخفضة في الماء وكـذلك الالتهاب والندوب الدائمة في العين قد تحدث في المستويات المرتفعة. ولـيس مـن المؤكد إذا كان التعرض الطويل الأمد للمستويات المنخفضة من الغاز قد يؤدي إلى المرض وقد أظهرت الدراسات مع الحيوانات إن التنفس في مستويات منخفضة من هذا الغاز ولمدة طويلة قد يؤدي إلى تهيج والتهاب الأنف والحلق والرئة ودراسات الحيوانات الأخرى تثبت أن التعرض الطويل المدى لمستويات منخفضة من غـاز كبريتيد الهيدروجين في مياه الشرب قد يؤدي إلى مشاكل في الجهاز الهضمي.

وتنص مواصفات جودة الهواء Ambient Air Quality Standards مـن قبـل وكالـة حمايـة البيئـة Environment Protection Agency (EPA) الأمريكية، وتتبعها في ذلك العديد من بلدان العالم، على أنه يجب:

(1) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء، في الساعة الواحدة، خلال أي مدة طولها 12 شهراً، 200 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء (0.14 جزء في المليون)، أكثر من مرة واحدة في أي موقع.

(2) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء، في الأربع والعشرين ساعة، خلال أي فترة طولها 12 شهراً، 40 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء (0.03 جزء في المليون)، أكثر من مرة واحدة في أي موقع.

5- فلوريد الهيدروجين Hydrogen Fluoride:

غاز فلوريد الهيدروجين HF ذو رائحة نفاذة، وهو سام ومسبب للتأكل بدرجة كبيرة ويذوب في الماء مكونا حمض الهيدروفلوريك.وقد حددت منظمة الصحة العالمية تركيز هذا الغاز بالا يزيد عن 0.001 جزء من المليون. وينتج هذا الغازمن العيد من الصناعات كصناعات الحديد والالمنيوم وتكرير البترول والاسمدة، وحمض الفسفوريك والفولاذ والاواني الحديدية وغيرها.

ويسبب هذا الغاز تهيجا لجميع اسطح الجسم الخارجية، خاصة في المناطق الرطبة اذا وصل تركيزه الي 2.5 جزء من المليون. وعند التركيزات العالية فأنه يؤثر علي الجهاز التنفسي ويعمل علي تكلس العظام والتهاب الكبد والكلي. ويموت الإنسان في خلال عشرة دقائق اذا وصل.تركيز الغاز الي 4000 جزء من المليون.

6- الاوزون Ozone

الاوزون جزيء مبنى من 3 ذارت أكسجين وينتج من نشاط الاشعة الفوق بنفسجية على جزيئات الاكسجين.

يمتاز الاوزون برائحة مميزة.و وجود غاز الاوزون ضرورياً خاصة في الطبقة العليا من الغلاف الغازي لحجب الأشعة فوق البنفسجية الضارة. ويوجد هذا

الغاز بصورة طبيعية في طبقة التربوزسفير ليشغل نسبة 0.02 جزء من المليـــون. ولكن زيادة تركيزه عن هذه النسبة يعتبر تلوثا يجب تفاديه وتقليله.

مصادره:

يتكون غاز الاوزون في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي، عندما يحتـــوي الهواء على ثاني أكسيد النيتروجين ولو بتراكيز قليلة، وذلك عن طريق امتصـــاص غاز ثاني أكسيد النيتروجين للأشعة فوق البنفسجية من الإشعاع الشمسي لينتج اول أكسيد النيتروجين والأكسجين الذري كما توضح المعادلات:



$$NO_2 + hv \longrightarrow NO + O\cdot$$

ومن ثم يتفاعل الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي مكوناً الأوزونO_3



$$O\cdot + O_2 \longrightarrow O_3$$

وعندما يكون اول أكسيد النيتروجين متوفراً في الهواء فإن الأوزون يتفاعل معه ما يقلل تركيز غاز الأوزون في الهواء.



$$O_3 + NO \longrightarrow NO_2 + O_2$$

إلا أن وجود الهيدروكربونات في الهواء يستهلك اول أكسيد النيتروجين فـــي الهواء من طريق التفاعل ما يحد من تحول غاز الاوزون إلى أكسجين جزيئي، ما يؤدي إلى تراكم غاز الاوزون في الطبقة السطحية من الهواء، ويكـــون مصـــاحباً لتكون الضباب الدخاني Smog. ومع أن وجود غاز الاوزون ضرورياً خاصة في الطبقة العليا من الغلاف الغازي لحجب الأشعة فوق البنفسجية الضـــارة، ألا أنـــه عندما يزداد تركيزه في الطبقة السطحية من الغلاف الغازي يتسبب في أضـــرار صحية كثيرة أهمها حساسية الأغشية المخاطية في الجهـــاز التنفســـي والعيـــون، وتورمات غريبة في أنسجة الرئتين.

الجدول التالي تأثيرات الاوزون حسب التركيز وفترة التعرض.

جدول 2-5

تركيز الاوزون في الهواء (جزء من المليون)	فترة التعرض	التأثيـــــر
0.02	ساعة واحدة	تخريب المواد التي يدخل في تركيبها المطاط
0.03	8 ساعات	تأثيرات ضارة علي النبات
0.05	ساعة	تهيج في الانف والحنجرة وجفاف الجزء المخاطي من الجهاز التنفسي
0.1	ساعة	تشنج في قصبات الجهاز التنفسي
0.3	اقل من 8 ساعات	تهيج الحلق وتشنج الرئتين
2	ساعتين	سعال شديد وتغيرات كيميائية في بروتينات الرئتين
10-5	4/1 ساعة	التهاب حاد ونزيف رئوي

أما تأثير غاز الاوزون على النبات فيتمثل في تبقع الاوراق وتبرقشها، خاصة في العنب والبرسيم والبطاطس، والقمح، وتغير نفاذية الأغلفة الخلوية، وإعاقة نشاط الإنزيمات، وتخريب الشبكة الإندوبلازمية الداخلية، وتقليل معدل البناء الضوئي.

كما يؤثر غاز الاوزون على الأصبغة المستخدمة في تلوين المنسوجات، ويخرب المطاط، خاصة المطاط المستعمل في صناعة إطارات السيارات. وتنص مواصفات جودة الهواء Ambient Air Quality Standards من قبل وكالة حماية البيئة (Environmental Protection Agency (EPA الأمريكية، وتتبعها في ذلك العديد من بلدان العالم، على أنه يجب:

- ألا يتعدى متوسط تركيز الاوزون، في الساعة الواحدة، تركيز 235 ميكروجرام من الاوزون في المتر المكعب من الهواء (0.12 جزء في المليون).
- ألا يتعدى متوسط تركيز الاوزون خلال ثمان ساعات 157 ميكروجـرام مـن الاوزون لكل متر مكعب من الهواء (0.08 جزء في المليون).

نضوب طبقة الاوزون Depletion of Ozone Layer

كما ذكرنا من قبل يوجد الاوزون بصورة طبيعية في طبقة التربوزسفير التي تسمي طبقة الاوزون ووجود غاز الاوزون ضرورياً خاصة في الطبقة العليا مـن الغلاف الغازي لحجب الأشعة فوق البنفسجية الضـارة ذات الموجـات القصـيرة وبالتالي منعها للوصول الي سطح الأرض.

ويوجد الأوزون في هذه الطبقة في حالة توازن مستقر، اذ ان سرعة تولـده من الأكسجين تساوي تقريبا سرعة اختفائه (سرعة انحلاله الي جزيئات اكسـجين) وهذا يعني أنه في ظل هذا التوازن فان سرعة التفاعل التالي في احـد الاتجـاهين يساوي سرعته في الاتجاه المضاد كما في المعادلة التالية:



$$3O_2 + h\nu \rightleftharpoons 2O_3$$

الا ان اقحام مواد كيميائية ووصولها لطبقة الأوزون يعمل علي تهتك حاجز الأوزون وتدميره مثل أكاسيد النتروجين وبخار الماء ومركبـات الفلوكلوركربـون المستعملة في اجهزة التبريد، حيث تعمل هذه الملوثات علي تحويـل الأوزون فـي هذه الطبقة الي اكسجين، مما يعطي الفرصة للاشعة فوق البنفسجية ذات الموجـات القصيرة من النفاذ لسطح الأرض واحداث اثرها المدمر علـي الكائنـات الحيـة. ويمكن تلخيص التأثير الذي يحدث لطبقة الأوزون من جراء وجو أكاسيد النتروجين في المعادلات الآتية:



$$NO_2 + h\nu \longrightarrow NO + O\cdot$$

وتدخل نواتج هذا التفاعل في تفاعلات متسلسة كما في المعادلتين الآتيين:



$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$



$$NO_2 + O\cdot \longrightarrow NO + O_2$$

اما مشتقات مركبات الفلوكلوركربون فأنها تنشط بامتصاص طاقــة الأشــعة فوق البنفسجية منتجة ذرات كلور نشطة كما في التفاعلات الآتية:



$$CF_2Cl_2 + hv \longrightarrow CFCl^* \underline{+} Cl^*$$



$$CFCl_3 + hv \longrightarrow CFCl_2^* + Cl^*$$

يلي ذلك قيام الكلور النشط الذري بتدمير جزيئات الأوزون علي النحو التالي:



$$CL^* \underline{+ O_3} \longrightarrow OCL^* + O_2$$

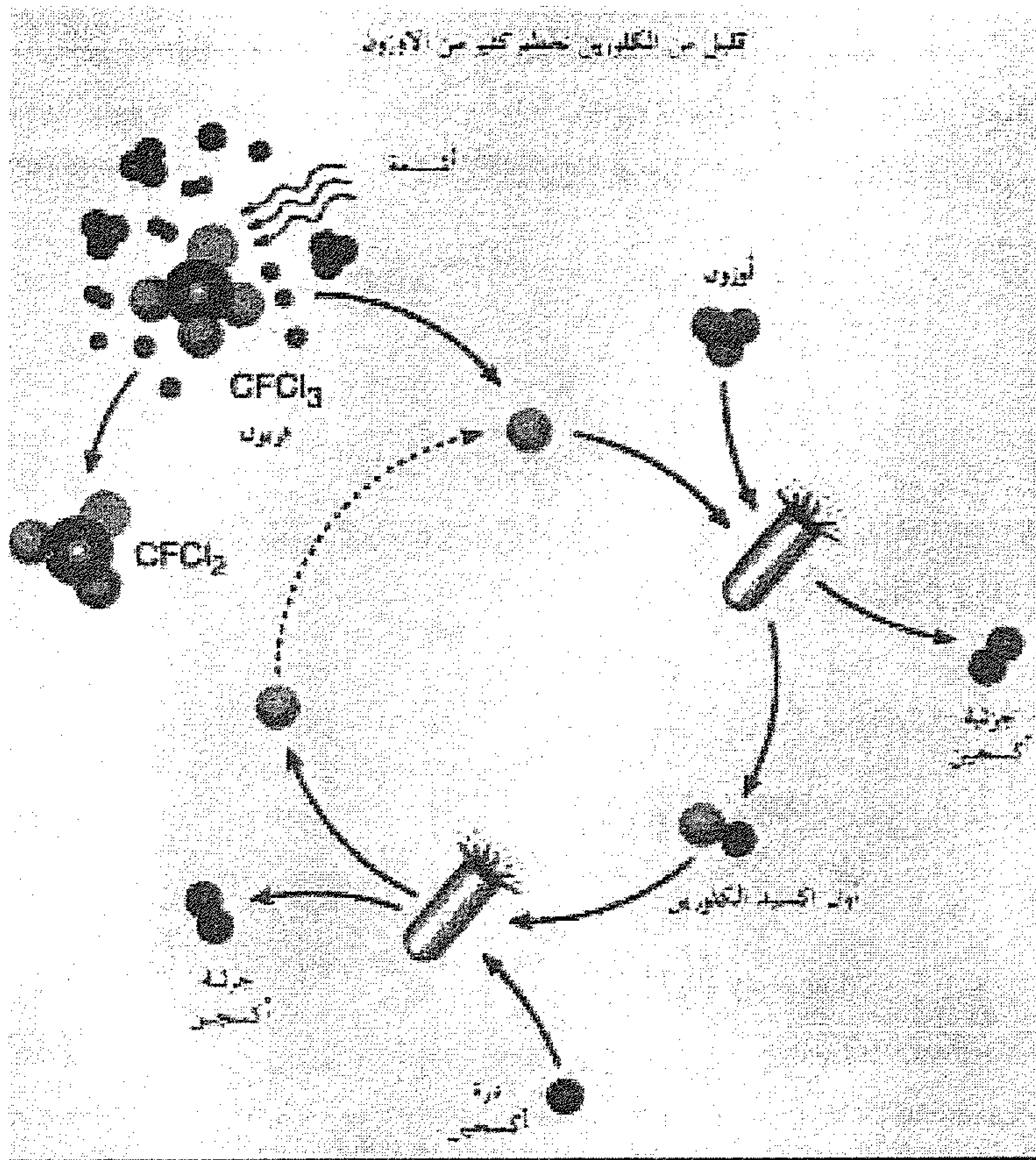


$$OCL^* + O\cdot \longrightarrow CL^* + O_2$$

وتستمر سلسلة التفاعلات علي هذا النحو لاحداث اكبر تدمير ممكن لطبقــة الاوزون بسبب ان الكلور الحر يتولد تلقائيا من تكرار حدوث التفاعلات.

وقد تبين أن كل ذرة كلور واحدة قادرة على تخريب (100.000) مائة ألف جزيئة اوزون. وقد قدر خبراء البيئة بأنه لو توقف العالم عن إنتـــاج و اســـتخراج المواد المستنفدة لطبقة الاوزون بشكل تام ونهائي الآن فإن عودة تراكيـــز الاوزون إلى وضعها السليم في الاستراتوسفير يحتاج إلى 40 سنة كاملة.

إن الخطر الذي يهدد طبقة الاوزون لم يكن معروفاً و واضحاً للعالم حتى عام 1974 حيث نشر مقال علمي شد انتباه العلماء حول احتمال تآكل طبقـــة الاوزون بفعل انتشار استخدام مواد كيميائية جديدة مثل مركبات الكلـــورو فلوروكربونـــات بفعل تطور الحياة المدنية.



شكل 4-3 يبين تأثير الكلورين علي الاوزون

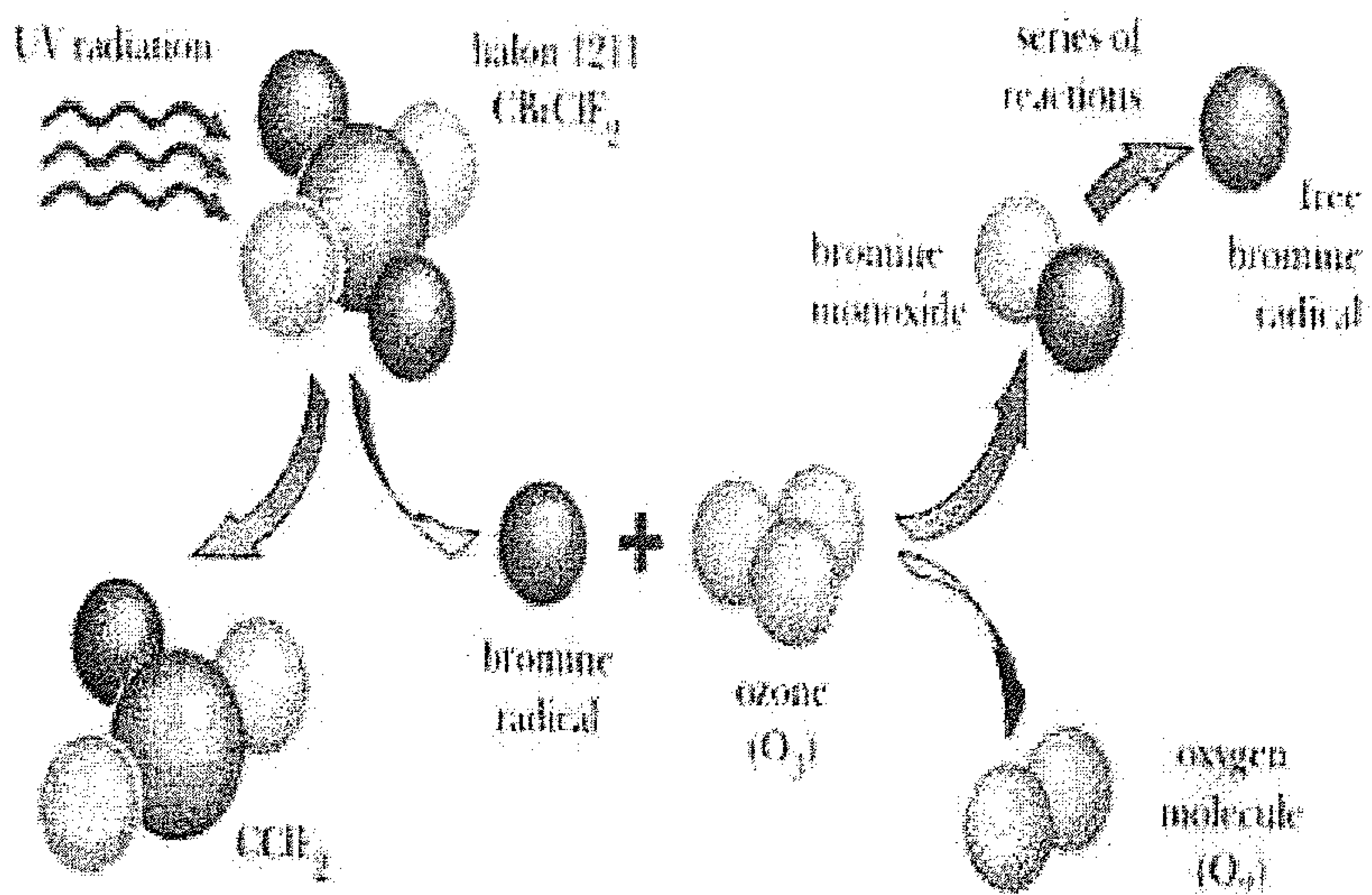
ولقد انقضى زهاء عقد وأكثر قبل أن يتوفر الدليل العلمي على حدوث هذا الاختلال في طبقات الجو العليا نتيجة لزيادة تراكيز عنصري الكلور والبروم في الجو الناتج عن تفكك مركبات الكلورو فلوروكربونات والهالونات حيث ثبت حدوث انخفاض شديد في الاوزون الاستراتوسفيري تشكل ما يسمى "ثقب الاوزون". وأصبح العمل على تدارك هذا الخطر الكبير أمراً واجباً على العالم بأسره. وتوجهت الجهود الدولية بتوقيع اتفاقية فيينا و بروتوكول مونتريال

وقد توقع العلماء في تلك الفترة أن تصل مستويات مركبات الكلورو فلوروكربون في الجو إلى ذروتها حوالي عام 2000، وبالفعل فقد سجلت وكالة

ناسا الأمريكية عند رصدها لهذه الطبقة تدهورا كبيرا بلغ حوالي 28.3 مليون كم^2 في منطقة القطب الجنوبي.

أهم المركبات الضارة بالاوزون:

1. CFCs الكلورفلوركربون و HCFCs الهيدروكلوروفلوروكربون والمستخدمة في أجهزة التبريد والتكييف المنزلية والتجارية والصناعية، وفي أجهزة تكييف السيارات.وكذلك المستخدمة في العبوات المضغوطة، كالعطور والمبيدات الحشرية والأدوية كما تستخدم في صناعة الرغاوي (الإسفنج الصناعي).
2. بعض المذيبات المستخدمة في تنظيف الأجزاء الميكانيكية والمعدنية والدوائر الإلكترونية.
3. بروميد الميثيل المستخدم كمبيد حشري في التخزين وتعقيم التربة الزراعية.
4. اكاسيد النيتروجين التي تنطلق من الاسمدة الازوتية ومن الطائرات ومن التفجيرات النووية.



شكل 4-4 يوضح تاثير الهالونات على طبقة

مواد جديدة تضاف إلى قائمة مدمرات طبقة الاوزون[•]:

يخضع إنتاج واستخدام الغازات المستنفذة للاوزون (فلورو كلورو كربون) لضوابط قانونية صارمة نصت عليها بنود بروتوكول مونتريال وهي الاتفاقية العالمية حول إطلاق المواد المستنفذة للاوزون، ومن الملاحظ بجلاء أن هذا البروتوكول العالمي سيطر بشكل محكم على مادة الكلور ولكنه اغفل الكثير من مركبات البرومين، ومما يثير قلق علماء البيئة هو وجو عدد كبير من مركبات البرومين الجديدة والخطيرة التي لم يتم إدراجها في بروتوكول مونتريال، وقد حددت أمانة الاوزون التابعة لبرنامج البيئة في الأمم المتحدة على الأقل أربع مركبات كيميائية محتملة، لكل منها 15 اسما مختلفا، وهذه المواد الكيميائية المتهمة هي:

1. هكسا كلورو بيوتادين، مادة مذيبة، وناتج جانبي في صناعة المواد الكيميائية المكلورة.
2. بروميد البروبيل النيتروجيني، مادة مذيبة، وتبلغ الكمية المنتجة منها سنويا حوالي 10 آلاف طن ويتوقع أن يرتفع الإنتاج العالمي منها إلى 25 ألف طن في عام 2010.
3. مادة 6 برومو 2 ميثوكسيل نفثالين، وهذه المادة تستخدم في إنتاج ميثيل البروميد المشمول ببروتوكول مونتريال.
4. الهالونات 1202، وهي مادة تستخدم لإطفاء الحرائق شديدة الفعالية.

هذه بعض أهم مركبات البرومين المدمرة للدرع الواقي للأرض (طبقة الاوزون) والتي يسعى علماء البيئة والمناخ لضمها لقائمة المواد ممنوعة الأستخدام والإنتاج عالميا، على أمل أن لا يتفاقم الوضع البيئي سوءا خلال السنوات القليلة القادمة.

مقاومة المسببات الكيميائية لتأكل طبقة الاوزون[*] :

كما ذكرنا من قبل ان المواد الكيميائية المتصاعدة من العديد من المصانع الكيميائية، والغازات المنطلقة من الطائرات النفاثة، والصواريخ الحاملة للاقمار الصناعية، احدثت ثقوبا في طبقة الاوزون، والتي تحمي سطح الارض من اختراق الاشعة فوق البنفسجية. ولذلك اهتم الباحثون بدراسة الحلول الممكنة لحماية طبقة الاوزون من اخطار التأكل بواسطة المسببات الكيميائية.

ومن الطرق المقترحة للوقاية ما يلي:

أ- استخدام مرشحات كيميائية:

يمكن – من خلال استخدام مرشحات من مواد فائقة الخواص في امتصاص الغازات الكيميائية الصادرة من وسائل المواصلات الحديثة كالطائرات النفاثة، والصواريخ، وتقليل نسبة الملوثات الناتجة عن انطلاق هذه الكيماويات. وهذه المرشحات هي مرشحات بكتيرية تحتوي علي بكتريا نشطة يمكنها امتصاص المواد الكيماوية، يتم تصميم هذه المرشحات بطرق خاصة،ويراعي في عمليات التصميم ان تتوافق المرشحات البكيترية تلك مع الظروف المحيطة بها، كالارتفاع في درجة الحرارة، أو التعرض لظروف ضغط شديد.

ب- استخدام مواد في الغلاف الجوي مانعة لتصاعد الكيماويات:

يدرس العلماء امكانية اضافة مواد كيميائية للغلاف الجوي تمنع نفاذ المسببات الكيميائية لتأكل طبقة الاوزون، حيث يتم اضافة هذه المركبات بطرق كيميائية او فيزيائية او طرق حيوية، حيث يتم هندسة بعض البكتريا لاضافة المكونات المانعة لنفاذ مسببات التأكل الكيميائية دون غيرها من المركبات، ومن ثم فالمركبات المانعة تتميز بقدرتها الاختيارية العالية فهي تسمح بنفاذ مركبات معينة، وتمنع نفاذ مسببات التاكل. واستخدام تلك التقنية سيوفر حماية لطبقة الاوزون بما يضمن لنا بيئة متزنة حراريا وكيميائيا.

---

[*] الهندسة الوراثية وابحاث البيئة د/ عبد الباسط الجمل.

ج- أستخدام المعالجات الكيميائية لاعادة لحام ثقوب المتكونة بطبقة الاوزون:

من احدث الدراسات الكيموبيئية المقترح تنفيذها بعد نجاح التجارب الاولية لها أستخدام المواد الكيميائية لاعادة لحام ثقوب المتكونة بطبقة الاوزون، والتي كانت سببا مباشرا في اختراق الاشعة فوق البنفسجية لسطح الارض واحداثها لسرطان الجلد ورفع درجة حراراة الارض.

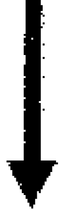
يتم اعداد الخلطات الكيميائية اللاحمة في المعامل الكيموبيئية، ثم يتم تحميلها علي رؤوس صاروخية مصممة هندسة كحوامل لتلك المواد، ثم يتم اطلاق تلك الصواريخ بما تحمله من الخلطات الكيميائية اللاحمة، من منصات اطلاق تعمل عن طريق وحدات تحكم حاسوبية، حيث يساعد ذلك في وضع الحمولات الكيميائية علي الصوارخ المنطلقة في مكان الثقوب الاوزونية الحادثة، من خلال برامج توجيه حاسوبية معدة سلفا، ومشفر بها المسافات التي تتحركها الصواريخ، وموضع ثقب الاوزون،ومساحته وعدد الثقوب الموجودة.

يتم متابعة انطلاف الصواريخ وافراغ حمولتها في المكان الصحيح الذي تم التوجيه اليه، ويراعي في الخلطات الكيميائية المعدة في المعامل الكيموبيئية الا تتفاعل مع اي مركبات كيميائية في الطبقة الاوزونية، وان تكون ذات كفاءة بنائية عالية، مما يسمح ببناء وترميم الثقوب الاوزونية المتكونة بما يتلائم مع التركيب الكيميائي لتلك الثقوب، ويمكن ايضاح تلك المراحل في الشكل التخطيطي التالي:

تصنيع الخلطات الكيميائية معمليا



اجراء التجارب الاولية لاختبار فعالية الخلطات الكيميائية
من خلال عمليات المضاهاة الأوزونية



تحميل الخلطات الكيميائية رؤوس صاروخية تعمل
من خلال وحدات تحكم وفقا لبرامج معدة من قبل



اطلاق الصواريخ المحملة بالخلطات الكيميائية



متابعة عمليات الاطلاق وما بعد عمليات الاطلاق
من خلال اجهزة الرقابة الاليكترونية



وضع الخلطات الكيميائية في مكانها الصحيح من طبقة الأوزون



التحام الرقع الكيميائية (الخلطات) مع باقي مكونات
الطبقة الأوزونية في موضع الثقب



اكتمال ترميم الثقوب الأوزونية

جدول 4- 6

معدل انبعاث الملوثات من أنواع الوقود المختلفة

الوقـــود	مقدار الملوثات (كجم/كجم وقود)			
	ثاني أكسيد الكربون	أول أكسيد الكربون	ثاني أكسيد الكبريت	أكاسيد النيتروجين
المازوت	3.16940	0.000400	0.0400	0.005640
السولار	3.08137	0.000360	0.0152	0.001487
الغاز الطبيعي	2.01000	0.000042	0.0000	0.001250

7- الهيدروكربونات Hydrocarbons

الهيدروكربونات هي المركبات المكونة من عنصري الكربون والهيدروجين، مثل غاز الميثان CH_4، والإيثان C_2H_2، والإثيلين C_2H_4 والبنزبيرين C_2OH_{12}.

ومعظم الهيدروكربونات المسببة لتلوث الهواء تحتوي جزيئاتها على 12 ذرة كربون او اقل، وهي اما ان تكون غازات او سوائل ممطايرة (سريعة التبخر).

ويُعد المصدر الأساسي لهذه الغازات في الهواء الاحتراق الكامل وغير الكامل للوقود. وتسهم السيارات بنحو 50% من غازات الهيدروكربونات المنبعثة في الهواء، ويعتمد معدل انبعاث هذه الغازات مع عادم السيارات على سرعة السيارة وتسارعها. فعندما تسير السيارات على الطرق السريعة بسرعة ثابتة من 85ـ90 كيلومتراً في الساعة، تكون كفاية محرك السيارة مرتفعة، وبالتالي يكون معدل انبعاث هذه الغازات مع عادم السيارة منخفضاً. أما في داخل المدن، حيث تضطر السيارات إلى تقليل السرعة ثم التسارع، فإن كفاءة المحرك تتدنى مما يجعل احتراق الوقود فيه غير كامل وبالتالي يزداد معدل خروج الهيدروكربونات مع عادم السيارات إلى الهواء. ويُعد البنزبيرين Benzoperene C_2OH_{12} من أشد المركبات الهيدروكربونية ضرراً على الإنسان، إذ يُجمع الباحثون على أنه من أهم المواد المسببة للسرطان. وينتج مركب البنزبيرين من احتراق الوقود، ومن

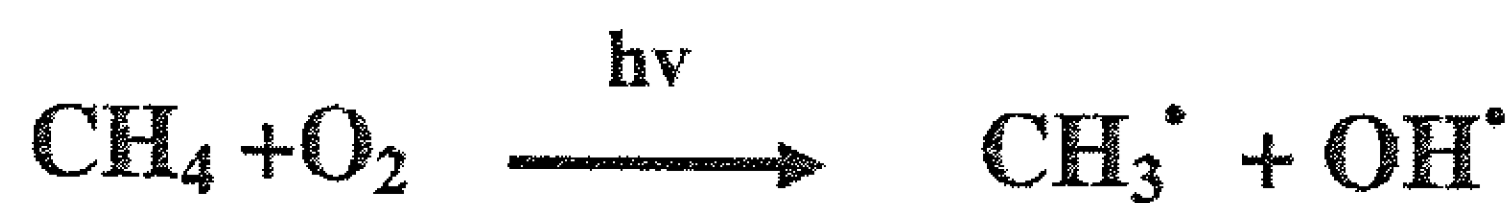
القار المستخدم في الطرقات، وصناعة المطاط والسجائر. وتصل كمية ما يستنشقه الإنسان من مركب البنزبيرين في بعض المدن ما يعادل الكمية المتحصل عليها من عشرات السجائر. فقد قدر أن كمية البنزبيرين الذي يستنشقها الإنسان في مدينة ديترويت بولاية منشجان بشمال الولايات المتحدة الأمريكية تعادل كما لو دخن 37 سيجارة يومياً، أما في مدينة برمنجهام البريطانية فتصل كمية البنزبيرين الذي يستنشقها الإنسان يومياً ما يعادل تدخين 50 سيجارة.

والهيدركربونات في وجود اكاسيد النتروجين تعد المسئول الرئيسي لتكون الضباب الكيموضوئي photochemical smog.وتحدث كثير من التفاعلات الكيميائية والكيموضوئية وينشأ من هذه التفاعلات كثير من الملوثات الثانوية والملوثات (المركبات) الوسيطة.ويعد الميثان من اكثر الهيدروكربونات المنبعثة والمنطلقة الي الهواء.



$$2CH_2O \xrightarrow{\text{Bacteria}} CH_4 + CO_2$$

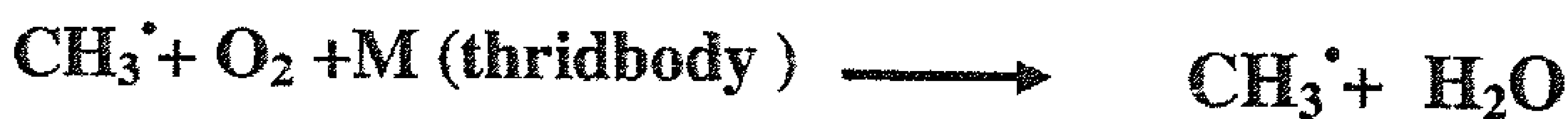
والتفاعلات الكيموضوئية للهيدركربونات مثل الميثان والالديهيدات والالكانات ينتج عنها كثير من الشقوق الحرة free radicals كما توضح المعادلات الآتية:



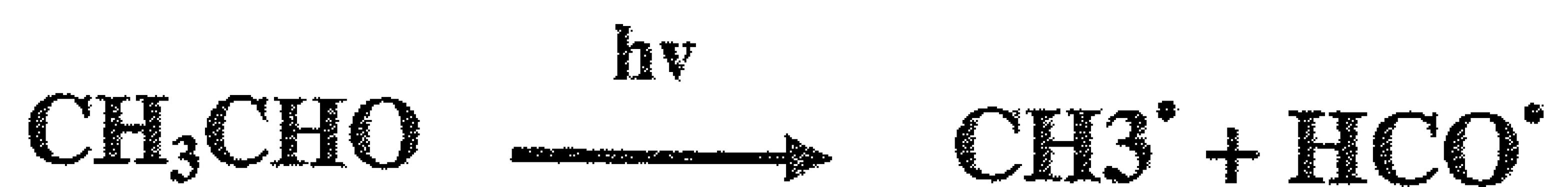
$$CH_4 + O_2 \xrightarrow{hv} CH_3^{\bullet} + OH^{\bullet}$$



$$CH_4 + OH^{\bullet} \longrightarrow CH_3^{\bullet} + H_2O$$



$$CH_3^{\bullet} + O_2 + M\ (\text{thridbody}) \longrightarrow CH_3^{\bullet} + H_2O$$



$$CH_3CHO \xrightarrow{hv} CH3^{\bullet} + HCO^{\bullet}$$



$$CH_3CH{=}CH_2 + OH^{\bullet} \longrightarrow CH_3{-}CH{-}CH_2O$$



$$C_4H_{10} + (O) \longrightarrow C_4H_9^{\bullet} + OH^{\bullet}$$



$$C_4H_9^{\bullet} + O_2 \longrightarrow C_4H_9OO$$



$$C_4H_{10} + OH^{\bullet} \longrightarrow C_4H_9^{\bullet} + H_2O$$



$$OH^{\bullet} + NO_2 + M \longrightarrow HNO_3 + M$$

8- الغازات المشعة:

تنبعث هذه الغازات من المواقع التي تستخدم المواد المشعة واهمها محطات الطاقة النووية ويتلوث الهواء الجوي خلال انطلاق الغازات المشعة كالرادون من مصانع تعدين المواد النووية كاليورانيوم والثوريوم وخاصة خلال عمليات التفتت والطحن في مصانع التعدين، ويتلوث الهواء الجوي ايضا اثناء تحضير سبائك اليورانيوم، اما المصانع الكيميائية التي تعمل علي عزل النظائر فان الملوثات التي تنتشر في الجو هي غبار واكسيد اليورانيوم أو الثوريوم ومركبات غازية اخري مثل فلوريد اليورانيوم، ويصاحب العناصر المشعة الغازية دقائق الفا وبيتا واشعة جاما مما يزيد من خطورتها. ويتعرض للاشعاعات الصادرة من المفاعلات العاملين فيها والساكنين في الضواحي القريبة وذلك نتيجة قذف الملوثات من المداخن المختلفة. اما في حالة حدوث اعطال مفاجئة او انفجارات في المفاعلات فان الخطر سيهدد مساحات شاسعة تصل الي مئات الكيلومترات بل الاف الكيلومترات كما حدث في حادثة تشرنوبل وللتقليل من تأثير هذه الغازات يفضل أعادة استخدامها قدر الامكان، أو تخزينها حتي تفقد قدرتها وفعاليتها.وتستخدم مداخن عالية مرتفعة لتشتيت الملوثات المشعة بعد توفير الظروف المناخية المناسبة. ووجد ان اعلي تركيز للملوثات المشعة يكون علي بعد 1-2 كم من المدخنة.

وعند احتواء هذه الغازات علي جسيمات صلبة فان هذه الجسيمات تزال قبل انبعاث الغازات الي الخارج.

وتستخدم ايضا المرشحات الفائقة الفاعلية Ultra high efficiency Filters للسيطرة علي التلوث الاشعاعي وغالبا ما تزال الملوثات المشعة من مجري الهواء عن طريق:

- أمرار الهواء خلال مرشحات التي تعمل بالقوة الطاردة المركزية.
- الغسل بمحاليل قلوية.
- الازالة بالتبريد.
- الازالة بالفحم المنشط او طبقات الفحم المتعددة.

وتعتمد اختيار طريقة ازالة الملوثات المشعة من الهواء علي:

◊ حجم الهواء

◊ تكلفة تنقية الهواء

◊ مخاطر المادة المشعة

وتوضع المرشحات غالبا عند الساحبات الهوائية للمختبرات المواد الاشعاعية او قنوات الدواليب الطاردة للأبخرة Fume Hoods. ويتم فحص واستبدال هذه المرشحات باستمرار، وكذلك قياس تراكيز الاشعاعات في الهواء المحيط بالمختبرات والمخازن والغرف والمصانع الاشعاعية للتأكد من سلامة العاملين وعدم تخطيهم للجرعات الاشعاعية المؤثرة.

ثانياً: تلوث الهواء بالجسيمات Air Pollution by Particulates

تعرف الجسيمات بأنها ما يحمله الهواء من دقائق صلبة او سائلة تنطلق اليه من مصادر عديدة باحجام واشكال والوان مختلفة وبتركيب كيميائي مختلف. وتنتج الجسيمات اما من مصادر طبيعية او كم انشطة الإنسان المختلفة. وكما يلعب التركيب الكيميائي للجسيمات الملوثة للهواء دورا كبيرا في الاثار الناتجة عن تغير الحلقات البيئية، فان حجم الجسيمات اهمية كبري حيث يحدد مسار وتأثير الجسيمات علي الإنسان والحيوان والنبات والجماد.

يتراوح حجم الجسيمات الملوثة للهواء ما بين 0.0001 الي 500 ميكروميتر ويمكن لهذه الجسيمات ان تبقي عالقة في الهواء لزمن يتراوح بين ثوان الي عـــدة سنوات.ويمكن تصنيف الجسيمات تبعا لحجمها الي ما يلي:

1. الجسيمات المتساقطة Settling Particulates

وهي تلك الدقائق التي لا تلبث ان تعود الـــي الأرض بعـــد انطلاقهـــا مـــن مصادرها بتأثير الجاذبية الأرضية، ويطلق عليها اسم الغبار الساقط، ويزيد قطـــر هذه الجسيمات عن عشرة ميكرومترات، وهذ الجسيمات لها تـــاثير علــــي العيـــون والمنشأت الصناعية والابنية والممتلكات ولها تأثير خفيف علي المجاري التنفســـية للانسان لان شعيرات الانف تعمل علي حجز وترسيب جزء كبير منهـــا وخاصــــة الجسيمات التي يزيد قطرها عن مائة ميكروميتر.

وقد بلغ كمية الغبار الساقط علي لندن في احد السنوات حوالي 23 طن / كم^2 /شهر، وحوالي 33 طن /كم2 /شهر علي مدينة اوزاكا اليابانية. علما بـــان الحـــد المسموح به هو 9 طن /كم2 /شهر.

2. الجسيمات العالقة الكلية Total Suspended Particulates

يرمز لهذه الجسيمات بـــالرمز TSP Total Suspended Particulates وهي تلك الجسيمات التي يتراوح قطرها بين من 0.1 الي 10 ميكروميترات وتبقي فترة طويلة معلقة في الهواء، ام معدل ترسبها فهو بطيء نســـبيا ويتوقـــف علـــي الظروف الطبيعية من رطوبة او رياح او حرارة وغيرها. وتعتبر الجسيمات العالقة اخطر الجسيمات الملوثة للهواء حيث من الممكن ان تصل للرئتين وتستقر هناك.

وبعض هذه الجسيمات كبير او قاتم اللون بما فيه الكفاية لكي يرى بـــالعين المجردة مثل الدخان، والبعض الآخر صغيراً جداً بحيث لا يكتشف إلا بالمجـــاهر الإلكترونية.

وعادة تنتج الجسيمات العالقة التي لا يزيد قطرها على 2.5 ميكرومتر من احتراق الوقود في محركات السيارات، ومحطات توليد الكهرباء، والمصانع، وحرق الأخشاب. أما الجسيمات الأكبر من 2.5 ميكرومتر فتنتج عادة من حركة السيارات على الطرق غير المعبدة، والكسارات، وتذرية الرياح، وثوران البراكين. وتتراكم هذه المواد العالقة في الهواء في الجهاز التنفسي وينجم عنها تأثيرات صحية متعددة. فعند التعرض للمواد العالقة الكبيرة يحدث تهيج للجهاز التنفسي كما هو الحال في مرض الربو. أما المواد العالقة الدقيقة فينجم عنها عدة مشكلات أهمها زيادة الحالات الإسعافية، والتنويم بالمستشفيات المتعلقة بأمراض القلب والرئتين، وتدني في كفاءة عمل الرئتين، وأحياناً الموت المبكر. ويتعدى تأثير هذه المواد العالقة المشكلات الصحية ليشمل تدني الرؤية، وما تسببه من مشكلات، وتدمير للالوان والدهانات ومواد المباني.

وتنص مواصفات جودة الهواء Ambient Air Quality Standards من قبل وكالة حماية البيئة Environment Protection Agency (EPA) الأمريكية، وتتبعها في ذلك العديد من بلدان العالم، على أنه يجب:

(1) ألا يتعدى المتوسط الحسابي السنوي لتركيز المواد العالقة، التي لا يتجاوز قطرها 10 ميكرومتر، 50 ميكروجرام في المتر المكعب الواحد.
(2) ألا يتعدى المتوسط الحسابي اليومي لتركيز المواد العالقة، التي لا يتجاوز قطرها 2.5 ميكرومتر، 150 ميكروجرام في المتر المكعب الواحد.
(3) ألا يتعدى المتوسط الحسابي السنوي لتركيز المواد العالقة في الهواء التي لا يتجاوز قطرها 2.5 ميكرومتر، 15 ميكروجرام في المتر المكعب الواحد من الهواء.
(4) ألا يتعدى المتوسط الحسابي اليومي لتركيز المواد العالقة في الهواء، التي لا يتجاوز قطرها 2.5 ميكرومتر، 65 ميكروجرام في المتر المكعب الواحد من الهواء.

3. الجسيمات العالقة الدقيقة Fine Suspended Particulates

وهذه الجسيمات صغيرة جدا وقطرها اقل من 0.1 ميكروميتر، ومن الصعب ترسبها ولها حركة عشوائية وقد تتجمع مع بعضها البعض ليزداد حجمها الي اكثر من 1 ميكروميتر. ويصل عددها في الهواء النقي الي عدة مئات في السنتيمتر المكعب، اما في الاجواء الملوثة فيصل عددها الي اكثر من 100 الف في السنتيمتر المكعب. ولا تشكل هذه الجسيمات خطرا كبيرا علي صحة الإنسان، مع أنها تصل الي الرئتين بسهولة، حيث تستطيع الرئتين نفثها اثناء الزفير.

كما أنه يمكن تصنيف الجسيمات الملوثة للهواء تبعا لطبيعتها الي الأنواع التالية:

1. **جسيمات الغبار Dust Particles** هي مواد دقيقة صلبة وغالبا ما تكون خاملة كيميائيا.
2. **جسيمات السناج او السخام Soot Particles** وهي عبارة عن تجمع لذرات الكربون المنبعثة من احتراق الوقود والمواد العضوية.
3. **جسيمات الرماد Ash Particles** وهي جسيمات تنطلق مع غازات المداخن، وقد تحمل معها وقودا غير كامل الاحتراق.
4. **جسيمات الأبخرة Fume Particles** وتنتج عن طريق التكثيف او التفاعلات الكيميائية ويكون قطرها غالبا اقل من 1 ميكروميتر.
5. **جسيمات الرذاذ Mist Particles** وهي تتكون من سوائل عالقة في الهواء ولا يزيد قطرهاعن 2 ميكروميتر.
6. **جسيمات الايروسولات Aerosols** وهي عبارة عن دقائق صلبة او سائلة متناهية الصغر لا تتراكم ابدا، ويكون قطرها غالبا اقل من 1 ميكروميتر.

وتنتج الجسيمات ام من مصادر طبيعية او من نشاطات الإنسان المختلفة. وتتمثل الجسيمات التي تنتج من المصادر الطبيعية في الرمال وجزيئات التربة وذرات الاملاح بالقرب من شواطيء البحار والغبار البركاني. اما الجسيمات

الناتجة من نشاطات الإنسان فهي جسيمات عضوية واخري غير عضوية. وتنتج الجسيمات العضوية من احتراق الفحم والنفط والخشب والنفايات وتتألف بصورة اساسية من الكربون وتحتوي علي العديد من المواد المسببة للسرطان اضافة الي الجسيمات الناتجة من المبيدات الكيميائية والصناعات الكيميائية والغذائية. اما الجسيمات غير العضوية فتنتج من صناعة التعدين والصناعات الكيميائية غير العضوية وصناعة مواد البناء ورصف الطرق وحركة وسائل النقل وصناعة الزجاج والأسمنت وغيرها.

ومن اخطر الجسيمات الملوثة للهواء هي جسيمات مبيدات االبكتريا والفطريات والقوارض والحشرات والاعشاب. والتي تبقي في الهواء لفترة طويلة حتي تسقط مع الامطار الي التربة ثم الي المسطحات المائية او تمتصها بعض ملوثات الهواء الاخري.

وتحتوي الجسيمات الدقيقة العالقة بالهواء علي العديد من العناصر الثقيلة السامة مثل الزئبق ودقائق الرصاص والكادميوم والزرنيخ والبريليوم والنيكل.

انواع الجسيمات بالنسبة لطبيعتها الكيميائية:

يمكن تصنيف الجسيمات تبعا لطبيعتها الكيميائية الي ما يلي:

1- الجسيمات العضوية Organic Particulates

2- الجسيمات الغيرعضوية Inorganic Particulates

1- الجسيمات العضوية Organic Particulates

يعد احتراق الوقود وعوادم السيارات ونمو النباتات من اهم المصادر للجسيمات العضوية. وهذه الملوثات تحتوي عادة علي الهيدروكربونات متعددة الحلقات الاروماتية Polycyclic aromatic Hydrocarbons PAH. وفي اجواء المدن الكبيرة قد تتراوح الجسيمات العضوية 20 ميكرجرام لكل مترمكعب.

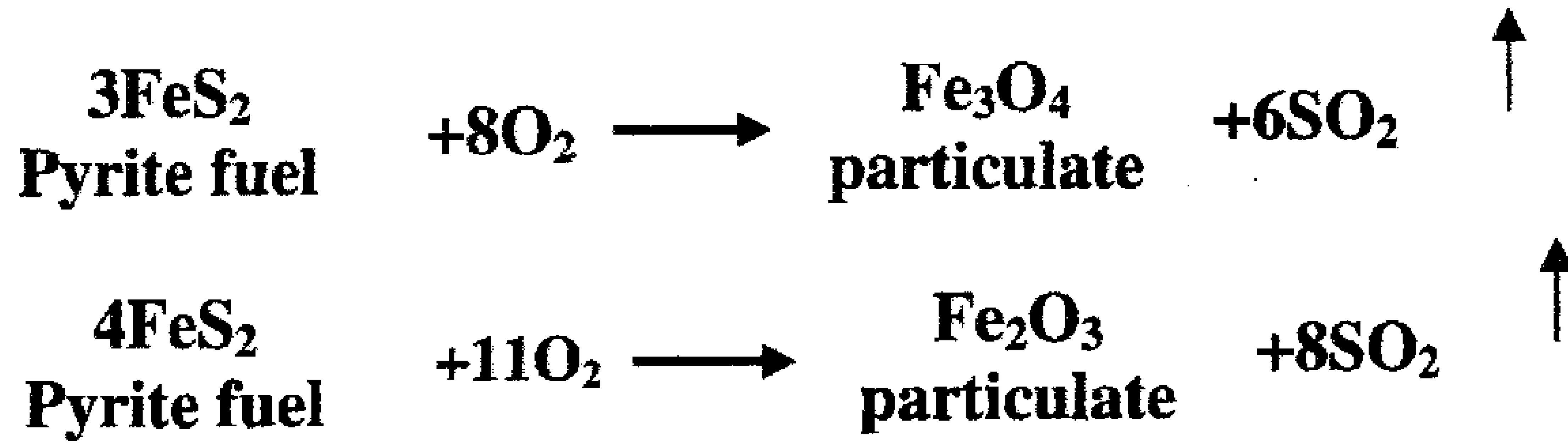
الهيدروكربونات متعددة الحلقات الاروماتية تكون عادة ممتصة داخل السناج او السخام Soot. وتعد PAH من اهم المكونات للجسيمات العضوية وذلك لطبيعتها المسببة للسرطان ومن امثلة هذه الجسيمات البنزوبيرين والكراسيين والبنزوفلورانسين Benzo (ά) pyrene، Chrysene، Benzofluoranthene .

وايضا تعد الكيتونات والالديهيدات والاسترات وفوق الأكسيد والكينونات واللكتونات من اشهر الملوثات العضوية للهواء.

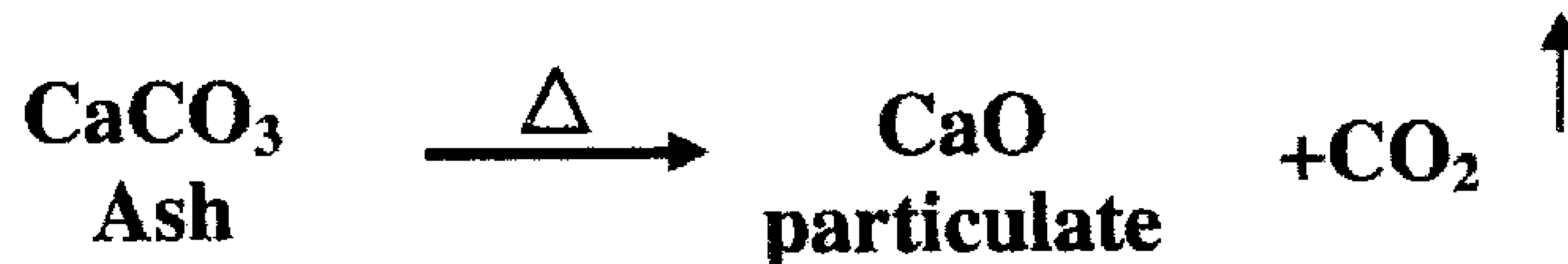
2- الجسيمات الغيرعضوية Inorganic Particulates

تنتج الجسيمات غير العضوية في الصور الآتية:

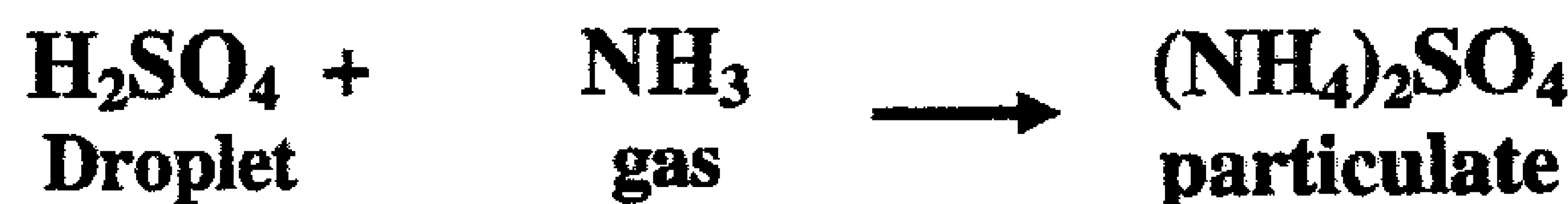
أ- في صورة أكاسيد المنطلقة خلال احتراق الوقود في وجود الأكسجين.



ب- جزء من كربونات الكالسيوم والتي تحتوي علي الفحم عند احتراقها بمعزل عن الهواء تنتج جسيمات من أكسيد الكالسيوم في الهواء مسببة تلوثه.



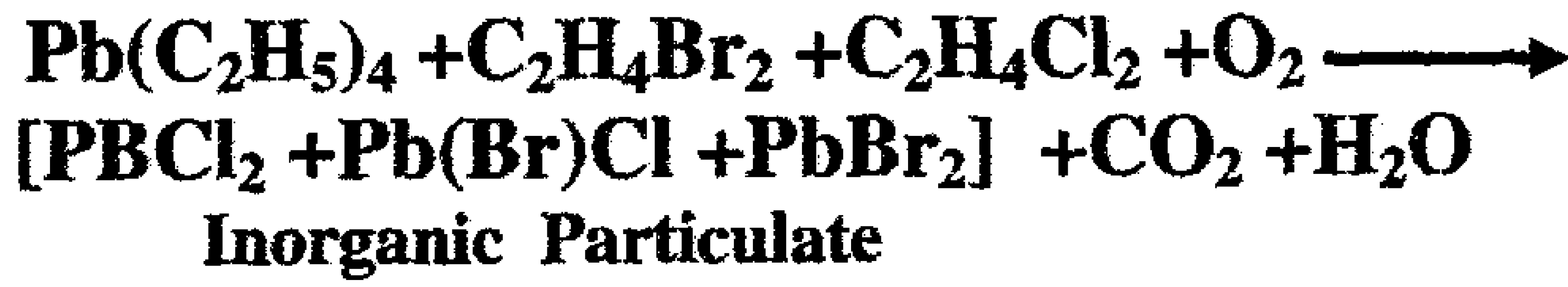
ج- في صورة املاح الكبريتات والتي قد تتكون من تفاعل قطرات الأحماض كحمض الكبريتيك مع بعض الغازات الموجودة بالهواء كغاز الأمونيا مكونة كبريتات الامونيوم. أو تفاعل الحمض مع أكسيد الكالسيوم مكونا كبريتات الكالسيوم.





$$H_2SO_4 \text{ (Droplet)} + CaO \text{ (particulat)} \longrightarrow CaSO4 \text{ (particulate)} + H2O$$

د- بعض الملوثات الجسيمية الغير عضوية مثل هاليدات الرصاص تدخل الهـواء الجوي من خلال احتراق الوقود البترولي واختلاطه مع رابع ايثيل الرصـاص وبروميد الايثيلين وكلوريد الايثيلين مكونا جسيمات هاليدات الرصاص الملوثة للهواء.



$$Pb(C_2H_5)_4 + C_2H_4Br_2 + C_2H_4Cl_2 + O_2 \longrightarrow [PBCl_2 + Pb(Br)Cl + PbBr_2] + CO_2 + H_2O$$

Inorganic Particulate

وهناك فقط من الولايات المتحدة الامريكية يدخل للهواء الجـوي 200.000 طن من هاليدات الرصاص سنويا.

الأتربة والسمية:

هناك مجموعة متنوعة من المواد التي يمكن تقسيمها من ناحية السمية كاتربة وهي تسبب انواع ودرجات مختلفة من الغبارية Pneumoconiosis او احتجـاز التراب في الرئتين، وبعض الاتربة مثل السيليكا والاسبستوس نشطة بيولوجيا مـن الوجهة التوكسيكولوجية وبعضها يعتبر خاملا، ولكنها تحتجز في الرئتين بتركيزات متوسطة يجب رصدها. وتتولـد الاتربـة بصـفة عامـة مـن خـلال عمليـات التداول،السحق، الطحن، وغيرها من المعالجات الفيزيائية، وحجم الجزيءالمتوزع (المنتشر) يعتبر عاملا محددا في تقدير قابلية التراب علي الاستنشـاق والترسـيب والاحتجاز في الرئتيـن، وبصفة عامة فان الجزيئات التي يتراوح قطرهـا بـين 0.2 – 5 ميكروميتر تعتبر قابلة للاستنشاق، وبمجرد تواجدها في الـرئتين فـان النشاط الحيوي للاتربة بتركيزات مختلفة يحدد سميتها.ومـن امثلـة الاتربـة ذات السمية السيليكا واتربة الفحم.

* **السيليكا Silica** يمكن التعرض للسيليكا في المسابك والاماكن التي يتم فيها طحن الحجر الجيري والسقع الرملي (استخدام تيار هواء يحتوي علي رمل لتنظيف وصقل الزجاج والحجارة والمعادن) وصناعة الفخار وغيرها، والأخطار الصحية المصاحبة للتعرض لبلورات السيليكا الحرة تتمثل في التليف الرئوي وهو ما يطلق عليه السيليكوزيس Silicosis وهو مرض رئوي يكون عادة غير رجعي عندما يكون التعرض شديدا.
* **اتربة الفحم Coal Dust** يؤدي التعرض لاتربة الفحم ومنها فحم الانثراسيت الي تعرض الرئة لغبارية عمال الفحم Coal Workers Pneumoconiosis ، وربما يرجع اسوداد الرئتين Black Lung لتعرضها لاتربة الفحم، وفي هذه الظروف فان جزيئات اتربة الفحم الاقل من 5 ميكروكيتر تتراكم في الرئتين ويمكن ان تسبب تليف للرئة او تحدث تفاعل يشبه انتفاخ الرئة.

تلوث الهواء بالعناصر المعدنية:

من صور تلوث الهواء في المناطق الصناعية والمدنية التلوث بالعناصر المعدنية مثل التلوث بعنصر الرصاص والزئبق والكادميوم.

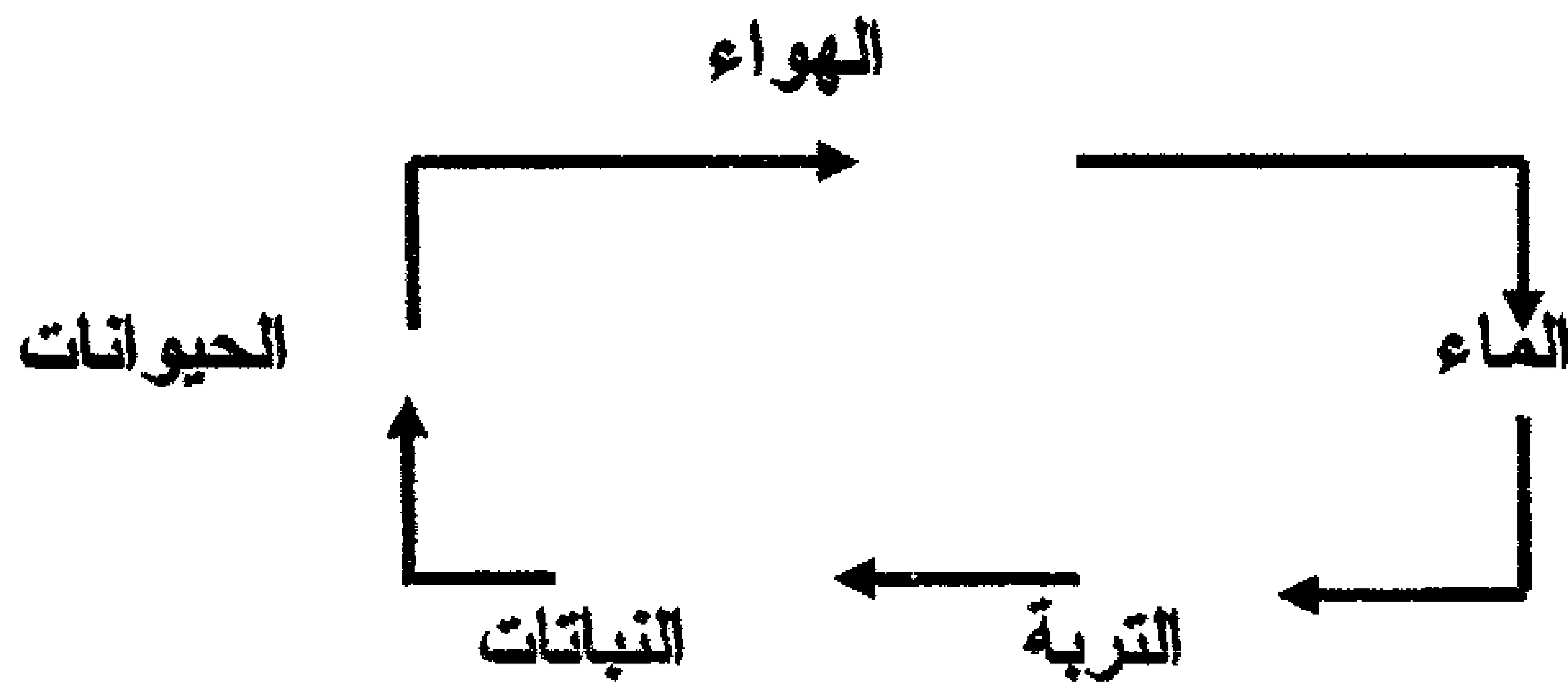
1- الرصاص Lead:

تعتبر جسيمات الرصاص من الملوثات الهوائية التي تنبعث من مصادر متعددة يستخدم فيها الرصاص ومركباته كمواد خام كما هو الحال في صناعة مبيدات الحشرات والدهانات وصناعة البطاريات. كما تستخدم مركبات الرصاص ككبريتيد الرصاص وكرومات الرصاص في عمليات الطلاء وفي صناعات مختلفة مثل صناعة صفائح المنازل والقصدير وحروف الطباعة. ويعتبر استخدام الرصاص مع وقود السيارات علي هيئة مركبات هالوجينية مثل رابع ايثيل الرصاص احد المسببات الرئيسية لتلوث الهواء بالرصاص، حيث تتحول الي مركبات غير عضوية تنبعث من عوادم السيارت الي الهواء.

2- الزئبق Mercury:

يعتبر الزئبق من اخطر ملوثات الهواء وخاصة بعد معرفة ان الزئبق العضوي يتحول الي صورة عضوية سامة هي ميثيل الزئبق Methyl Mercury عن طريق بعض الكائنات الدقيقة ويتركز في العظام.ويعتبر الزئبق ملوثا هوائيا خطرا لأنه يوجد في صورة بخار الزئبق ويسبب بخار الزئبق اثارا تدميرية للجهاز العصبي المركزي. واهم مصادر الزئبق الجوي الاصباغ ومصانع محطات الطاقة التي تعمل بالفحم ومحطات تصنيع الزئبق.

والشكل التالي يبين دورة الزئبق خلال البيئة



شكل 2-7 دورة الزئبق خلال البيئة

الزئبق والمخلفات الطبية Mercury and Medical Waste :

ان التخلص من بقايا الزئبق عن طريق رميها بأكياس القمامة والتي ينتهي بها المطاف بالحرق في المكبات العامة ينتج عنها أبخرة سامة تنطلق للهواء، او قد تصل بعض تلك الملوثات للمياه الجوفية في حالة اللجوء لعملية ردم القمامة.

تصل الأبخرة السامة الناتجة من حرق القمامة في نهاية الأمر للأرض ولمصادر المياه من أنهار وبحيرات وبفعل الميكروبات يتحول الزئبق إلى أحد مشتقاته العالية السمية (Methyl mercury) فيتراكم هذا المركب بالأحياء البحرية كالأسماك ولا يمكن لعملية الطبخ أن تزيل هذا المركب مقارنة ببعض الملوثات

الأخرى، وهذه الخطورة تصيب أكثر الأشخاص الذين يستهلكون في كميات كبيرة جدا من الأسماك تلك البحيرات الملوثة.

أشارت وكالة حماية البيئة الأمريكية إلى أن الزئبق الناتج عن تحطم مقاييس الحرارة يعتبر من المصادر الرئيسية لتلوث النفايات الصلبة بالولايات الأمريكية (حوالي 17 طن/السنة)، ويمكن التقليل من هذه الملوثات باستخدام مقاييس حرارة الإلكترونية بدل عن الزئبقية وقد أثبتت تلك المقاييس فاعليتها، التحفظ الوحيد عن هذه المقاييس استعمالها لبطاريات تحتوي على زئبق ولكن الكمية الموجودة قليلة جدا (3.5 – 11 مليجرام) بالمقارنة مع الترمومتر العادي.

تلوث الهواء بالزئبق يؤثر في الأسماك:

ينتهي المطاف بالزئبق في الأسماك حين تطلق محطات الكهرباء العاملة بالفحم المعادن في الجو حيث تختلط بالأمطار وتسقط على الأرض ملوثة الممرات المائية. وتحول البكتيريا في المياه الزئبق إلى زئبق الميثيل. وتقوم الأسماك الصغرى في أعماق البحار بأكل هذه البكتيريا السامّة، في حين تأكل الأسماك الكبيرة هذه الأسماك الأصغر حجما. وهذا هو ما يفسر وجود أعلى مستويات الزئبق في الأسماك الكبيرة.

3. الكادميوم Cadmium:

يوجد الكادميوم في الطبيعة بتراكيز منخفضة في التربة والماء، كما تنطلق جسيمات الكادميوم الي الهواء بسبب استخدامه في صناعات متعددة،فمركبات الكادميوم تستخدم كعوامل مضادة للاحتكاك للمعدات ويستخدم في الصناعات الكهربية والمفاعلات النووية.

يدخل عنصر الكادميوم في عده صناعات، مثل صناعات البلاستيك والبطاريات، كما يختلط بالمعادن الخام، مثل الزنك والنحاس والرصاص، ولذلك

فان الكادميوم يتواجد في التربة والماء القريبة من المصانع التي يصهر فيها المعادن التربة الزراعية بالكادميوم.

وتكمن خطورة التلوث بجسيمات الكادميوم في خاصية التراكم الحيوي لهذا العنصر حيث تتساقط جسيمات الكادميوم وتغسل من الهواء مع الامطار ثم تتركز في انسجة النباتات ثم تنتقل الي الحيوانات ثم الي جسم الإنسان بعد ان يزداد تركيزها في كل مرحلة من المراحل المتعاقبة.ويتراكم الكادميوم في الكبد والكلي والاعضاء التناسلية ليسبب تسممات عديدة قد تؤدي الي تشوهات جنينية وبعض انواع السرطان. وفقا لذلك فان الحد الافصي لتلوث الهواء بالكادميوم في الولايات المتحدة هو 0.1 مليجرام لكل متر مكعب علي هيئة أبخرة او0.2 علي هيئة جسيمات حاملة للكادميوم.

4. الزرنيخ Arsenic:

عرفت مركبات الزرنيخ منذ العصور القديمة و قد تم فصله بهيئته المعدنية منذ أكثر من سبعمائة عام مضت. ويعتبر عنصر الزرنيخ غير العضوي سام بشكل حاد وسريع. وقد استخدم القتلة تلك الخاصية في قتل الضحية قتلا بطئيا بأسباب تبدو طبيعية.ويعد الزرنيخ من العناصر واسعة الانتشار في الطبيعة ويستخدم في المبيدات الحشرية وفي تحضير بعض المواد الطبية. كما يستخدم الزرنيخ كمادة حافظة للخشب.ويتلوث الهواء ببخار وجسيمات مركبات الزرنيخ حيث تقوم بعض انواع من الفطريات بتحويل الزرنيخ الي بخار الزرنيخ السام وللزرنيخ خاصية التراكم الحيوي، حيث أنه يتراكم علي طول السلسلة الغذائية ليصل ويتراكم بعد ذلك في انسجة جسم الإنسان. ويعتقد ان سبب سمية بخار الزرنيخ هو ومركباته هو أنه يعمل علي تثبيط تفاعلات الاكسدة الفسفورية التي تحدث بجسم الإنسان بسبب تنافس الفسفور والزرنيخ في التفاعلات الحيوية.

مصادر الملوثات الجسيمية Sources of Particulate Pollutants:

تنبعث الي الهواء كثير من الملوثات الجسيمية من العديد من المصادر الطبيعية والصناعية. ويعتبر احتراق الوقود من النفط والفحم الحجري وفحم الخشب النباتي من المصادر الأساسية لتلوث الهواء بالجسيمات الهيدروكربونية وبالالياف المعدنية.كما يعتبر استخدام مبيدات الحشرات والقوارض والنباتات الصغيرة من اهم مصلدر تلوث الهواء بالجسيمات الكيماوية الفعالة شديدة الخطورة. وتشكل مصانع الأسمنت ومحطات تصنيع الحجر الجيري وحجر الرمل مصدرا لتلوث الهواء بالجسيمات خاصة اذا كانت تلك المصانع لا تستخدم مرشحات لحجز الجسيمات.كما ان استخدام مواد التنظيف المختلفة يؤدي الي انطلاق كميات كبيرة منها علي شكل رغوة او جسيمات، وتنطلق الي الهواء ايضا الياف غير معدنية كالياف السيليولوز من المناجر والياف قطنية من مصانع الملابس، هذا بالاضافة الي الالياف المعدنية (الاسبستوزات) التي تنطلق من ورش تصليح السيارات وصناعة الالمونيوم ومن استخدام فرامل السيارات.كما تساهم الصناعات الغذائية المختلفة في تلوث الهواء بالجسيمات المتعددة.

بالاضافة الي ما سبق فان وجود ملوثات اولية غازية في الهواء تؤدي الي تكون جسيمات صلبة او سائلة، حيث تتكون جسيمات الكبريت من اكاسيد الكبريت الغازية، وجسيمات النترات من اكاسيد النتروجين، ويتكون رذاذ الأحماض من أكاسيد الكبريت والنتروجين. وتشارك بعض المصادر الطبيعية في تلوث الهواء بالجسيمات، حيث تحمل الرياح كثير من جسيمات الاتربة والرمال والغبار، وكذلك تنطلق حمم البراكين حاملة معها جسيمات عديدة بعضها مواد مسرطنة وتساهم الرياح والامواج في حمل رذاذ الاملاح من مسطحات البحار والمحيطات.

تأثير الجسيمات الملوثة للهواء علي صحة الإنسان:

توثر الجسيمات علي صحة الإنسان بدرجات متفاوتة تبعا لحجمها وطبيعتها الكيميائية المختلفة. فالجسيمات الكبيرة التي يزيد قطرها عن 50ميكروميتر لا تعتبر

شديدة الخطورة علي الإنسان حيث تتمكن الشعيرات المبطنة للجيوب الانفية من التقاطها ومنع نفاذها الي الرئتين.اما الجسيمات التي يكون قطرها اقل من 10 ميكروميتر فهي شديدة الخطورة علي صحة الإنسان.

وقد لوحظ ان تأثير الجسيمات يكون اكثر ضررا مع وجود ملوثات اخري في الهواء، حيث ان لبعض الجسيمات الملوثة للهواء خاصية الادمصاص Adsorption فيمكنها ان تدمص بعض الملوثات الغازية الي سطوحها وتدخل الي الرئتين مسببة تأثيرا مزدوجا. وعندما يصل تركيز الملوثات الي100-130 ميكروجرام/ م^3 فان ذلك يؤدي الي زيادة الحالات المرضية للجهاز التنفسي لدي الاطفال، واذا وصل التركيز الي 300 ميكروجرام /م3 زادت حالات الالتهاب للشعيبات الهوائية. وعندما يصل التركيز الي 750 ميكروجرام /م^3 فان ذلك يؤدي الي زيادة الوفيات بين الاطفال وكبار السن.

وعند الحديث عن الجسيمات الملوثة للهواء واضراراها الصحية فلابد من الحديث عن اخطر الملوثات وهي جسيمات الاسبستوس Asbestoses وهي عبارة عن الياف معدنية دقيقة تنطلق الي الهواء بسبب العمليات الصناعية ولبعض هذه الجسيمات القدرة علي اختراق الجلد محدثة تقرحا به، كما ان الجسيمات الدقيقة منها يمكن ان تصل الي الحويصلات الهوائية لتستقر هناك بقية الحياة وتتراكم مع مثيلاتها مسببة مرض التحجر الرئوي وتسبب التهابا خاصا لانسجة الرئة يسمي الالتهاب الاسبستوسي Asbestosis مما ينتج عنه صعوبة في تبادل الغازات، نتيجة لتغطية الشعيرات الدموية بالتليف الناتج عن الحويصلات الهوائية.

ويعزز التدخين تاثيرات الاسبستوس حيث ان حالات حدوث سرطان الرئة بين العمال المدخنين المعرضين للاسبستوس اكثر ارتفاعا عنه من العمال غير المدخنين.

جدول 4- 7

مصادر ملوّثات الهواء الرئيسية وآثارها الصحية

الملوّث الرئيسي	المصدر الرئيسي	البيئة السائدة	الآثار الصحية الرئيسية
ثاني أكسيد الكبريت	احتراق الوقود، مواد الصهر	خارج المباني	تهيُّج السبيل التنفسي، ضيق النَفَس، اختلال الوظيفة الرئوية، زيادة الاستعداد للإصابة بالعدوى، اعتلال الجهاز التنفسي السفلي (لاسيَّما بين الأطفال)، والأمراض الرئوية المزمنة وتليُّف الرئة. زيادة السمّية في حالة الامتزاج بملوّثات أخرى
الاوزون	تفاعلات كيميائية ضوئية	خارج المباني	ضعف الوظيفة الرئوية، وإجهاد القلب او الفشل القلبي، والنُفاخ الرئوي، والتليّف، وتشيّخ الرئة والأنسجة التنفسية
الطلع	الأشجار والحشائش والأعشاب والنباتات	خارج المباني	تفاعلات أرجية
الرصاص	السيارات والمواد المنبعثة عن الصناعة	خارج المباني	تغيُّرات في الإنزيمات الدموية، وفقر الدم، والاختلالات العصبية، لاسيَّما بين الأطفال
الهيدروكربونات المتعدّدة الحلقات الأروماتية	دخان التبغ المنتشر في البيئة، والمذيبات البتروكيماوية، وتبخّر الوقود غير المحروق	خارج المباني	التهاب الجيوب، والتلف الرئوي، بما في ذلك سرطان الرئة.
أكاسيد النتروجين	حرق الوقود	خارج المباني او داخلها	تهيُّج العينين والأنف، وأمراض الجهاز التنفسي، والتلف الرئوي، وضعف الوظيفة الرئوية، وإجهاد القلب
اول أكسيد الكربون	حرق الوقود	خارج المباني او داخلها	عرقلة امتصاص الدم للأكسجين (عَوَز الأكسجين المزمن)، وتلف القلب والدماغ، وضعف الإدراك، والاختناق؛ الضعف والتعب والصداع والغثيان في حالة التعرُّض لجرعات صغيرة
المواد الجسيماتية التي يمكن تنفسها	احتراق الوقود ومواد الصهر، وإعادة التعليق	خارج المباني او داخلها	التهيُّج، وتغيُّر الدفاع المناعي، التسمُّم المجموعي، وضعف الوظيفة الرئوية، وإجهاد القلب، وفي حالة امتزاجه بثاني أكسيد الكبريت يتوقف حدوث الآثار على الخواص الكيميائية والبيولوجية للجسيمات كل على حدة

الملوث الرئيسي	المصدر الرئيسي	البيئة السائدة	الآثار الصحية الرئيسية
الأبواغ	الرطوبة (الفطريات والعفن)	خارج المباني او داخلها	تأثير نفسي
الفورمالدهيد	العزل، وتجهيز دخان التبغ المنتشر في البيئة	داخل المباني	أمراض بالعين والجهاز التنفسي، وصداع وغثيان في حالة أخذ تركيزات عالية
الأسبستوس (الأميانت)	تأخير الحرائق، والعزل	داخل المباني	سرطان الرئة
المستأرجات	الغبار المنزلي والوبغ الحيواني	داخل المباني	تفاعلات أرجية
الكادميوم	المواد المنبعثة من الصناعة	خارج المباني	الالتهاب الرئوي الكيميائي (في البيئة المهنية)، والأمراض الرئوية المزمنة، بما فيها السرطان، والاضطرابات الكلوية
الزئبق	مبيدات الفطريات، والدهانات، وانسكاب او تحطم المنتجات المحتوية على الزئبق	داخل المباني	اضطرابات الجهاز العصبي (الزئبق العضوي)، والاضطرابات الكلوية (الزئبق اللاعضوي)
المركبات العضوية الطيارة	تطاير المذيبات البتروكيماوية وحرق الوقود، والدهانات، والفعل الاستقلابي، ومبيدات الهوام، ومواد اللصق، والمذيبات، والطهي، ومواد التجميل	خارج المباني او داخلها	زيادة أعراض المسالك الهوائية العلوية والسفلية، والصداع، والتهيّج الحسي، والطفح الجلدي

[*] المصدر: مستخلص من اللجنة الإقليمية لشـرق المتوسط الدورةالتاسعةوالأربعون المكتب الإقليمي، القاهرة

ثالثاً: الملوثات الثانوية للهواء Air Secondary Pollutants:

ويقصد بالملوثات الثانوية تلك الملوثات التي تنتج عن وجود ملوثات اولية في الهواء Primary Pollutants حيث ان انبعاث العديد من الملوثات الاولية الي الهواء ومع وجود الأكسجين والنتروجين وبخار الماء واشعة الشمس وغيرها يؤدي الي دخول هذه الملوثات في تفاعلات كيميائية مكونة ملوثات اخري جديدة هي

الملوثات الثانوية. ومن اشهر ملوثات الهواء الثانوية الضباب(الدخاني والكيموضوئي) والمطر الحمضي.

الضباب (الدخاني والكيموضوئي) Smog and Photochemical Smog:

عند اتحاد كل من الضباب مع الدخان ينتج ملوث جديد يعرف بالضباب الدخاني او الضبخان ويختلف الضباب الكيموضوئي والذي يعرف بضباب لوس انجلوس los Angelos Fog عن الضباب الدخاني والذي يعرف بضباب لندن London Fog. ينشأ الضباب الدخاني من تراكم الملوثات الاولية للهواء اساسا كالدخان وثاني أكسيد الكبريت مع وجود تركيز عالي من بخار الماء وتفاعلها معا.وعادة يتكون الضباب الدخاني عادة في الشتاء عند درجة حرارة منخفضة قريبة من الصفر المئوي وعندما تكون سرعة الهواء هادئة.وقد اصبح هذا النوع من الضباب مشكلة كبيرة للمدن التي تستخدم الفحم في التدفئة والتي تزدحم بالسيارات حيث يؤدي الي تهيج العيون والحنجرة والبطانة المخاطية للجهاز التنفسي وتقلل من مدي الرؤيا وتلحق اضرارا كبيرة للنباتات والاعمال الفنية والممتلكات الاقتصادية. ومن امثلة ذلك ما حدث في لندن حيث ادي الي وفاة 1000 شخص في لندن عام 1965 م. بينما يتكون الضباب الكيموضوئي بسبب التفاعل بين الملوثات الاولية ومكونات الهواء الطبيعية تحت اشعة الشمس.

الامطار الحمضية Acid Rain:

يعتبر تلوث الهواء بغازات اكاسيد الكبريت واكاسيد النتروجين بالاضافة الي غاز كلوريد الهيدروجين السبب الرئيسي لتكون المطر الحمضي.حيث تتحد هذه الغازات كملوثات اولية مع قطرات بخار الماء مكونة قطرات مائية محتوية علي تراكيز من حمض الكبريتيك او حمض النيتريك وحمض الهيدروكلوريك تغسل مع المطر علي شكل مطر حمضي كما توضح المعادلات الاتية:



$$SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$



$$NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_3$$



$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

وكما توضح المعادلات التفاعلات التي تبين كيفية تكون مثل هذا النوع من الأمطار:

- يتفاعل ثانى أكسيد الكبريتيد مع الماء ليكون حمض الكبريتيك.
- تتفاعل أكاسيد النيتروجين مع الماء لتكون حمض النيتريك.
- يتفاعل ثانى أكسيد الكربون مع الماء ليكون الحامض الكربونى.

وهذا المطر الحمضي يسقط علي الاشجار فيؤدي الي جفافها وعلي البحيرات والأنهار فيؤدي الي هلاك الاسماك والكائنات المائية فيها.

وتعتبر الامطار الساقطة امطارا حمضية اذا كانت درجة حموضتها (الاس الهيدروجيني) pH اقل من 5.6 وعندما يصبح الاس الهيدروجيني للمسطحات المائية اقل من 5.6 فأنها تصبح ملوثة بالمطر الحمضي. اما المطر الطبيعي فان الاس الهيدروجيني له اكبر من 5.6.

كما وتسببت الأمطار الحمضية في زيادة حموضة كثير من البحيرات والأنهار مما يؤدي إلى خلو هذه البحيرات والأنهار من الكائنات الدقيقة، وهناك نحو ألف بحيرة في كندا تحولت مياهها إلى حمضية بعد أن كانت معتدلة نتيجة هذه الأمطار، وحين تسقط الأمطار الحمضية على الأراضي الجيرية، فأنها ستذيب قدراً كبيراً من عنصر الكالسيوم الموجود في التربة وتحمله معها نحو المياه، ويؤدي ذلك إلى انجراف التربة وزيادة في تركيز الكالسيوم وضعف النباتات. كما وأنها إذا سقطت على بعض الأراضي أدت إلى تفتت بعض الصخور.

وتؤدي الأمطار الحمضية إلى إذابة نسبة كبيرة من بعض الفلزات الثقيلة مثل الرصاص والزئبق والألمنيوم، وهي فلزات سامة وتسبب تسمّم الكائنات الحيّة عند شربها للمياه الملوثة. كما وأنها تتصف بخاصية التراكم إذ أنها تتجمّع بمرور الزمن فـي أجسام الأحياء، وقد قلّت أعداد الطيور في بعض المناطق الاوربية والأمريكية بعـد أن قتل كثير منها نتيجة غذائها على الحشرات التي تحتوي أجسـامها علـى نسبة عالية من الألمنيوم التي جرفته مياه الأمطار الحمضية مـن سـطح التربـة وحملته إلى الماء، وهذه الأضرار للأمطار الحمضية لا تختص بالمياه بل تمتد إلى المحاصيل الزراعية والغابات.

كما ان وصول المطر الحمضي للتربة يؤدي الي انخفاض نشـاط البكتريـا المثبتة للنتروجين وانخفاض معدل تفكك وتحلل المادة العضوية مما يزيد من سماكة طبقة البقايا النباتية الي الحد الذي تعوق فيه نفاذ الماء الي داخل التربة، وقـد ادت هذه التأثيرات الي الانخفاض في انتاج وكثافة الغابات.

ويتوقف تأثير الأمطار الحمضية علـى عدد مـن العوامـل مثـل كميـة الأمطار المتساقطة والفترة الزمنية التي يستغرقها طول المطر الحمضي ومسـتوى حموضة الأمطار والتركيب الكيماوي للتُربة والنباتات والمياه الطبيعية، ومدى تأثر النباتات والحيوانـات والمنشآت بحموضـة الأمطار وحرارة الجو ووجود ملوثات أخرى في الهواء وإلى ما أشبه ذلك.

كما إنّ الأمطار الحمضية تؤثر على المباني والمنشآت الأثريّـة والتاريخيـة والمنشآت المعدنية والمبانـي الحديثة، كما أنها تؤثر على مياه الشرب، فقد لـوحظ أن مياه أحد الخزانات قد زادت حموضتها نتيجة تزايد سقوط الأمطار في الخـزان مدة طويلة من العام، وقد تسببت المياه الحمضية في تآكل الخزان.

تلوث الهواء من حركة المرور [*]:

تعد وسائل النقل البري من سيارات وشاحنات وحافلات المصدر الرئيسي لتلوث الهواء خاصة بالمدن التي تشهد كثافة في حركة المرور حيث تقوم هذه المركبات بدور بارز قي توليد الملوثات الرئيسية للهواء وهناك العديد من المخاطر الصحية والبيئية الناتجة من عوادم السيارات بمختلف أنواعها والتي تعتمد في طاقتها التشغيلية على البنزين او الديزل اللذين يعتبران من أهم مصادر تلوث الهواء، حيث تعتبر الانبعاثات الناجمة عن المركبات هي المصدر الرئيسي لتلوث هواء المدن خاصة وأن أعداد المركبات في تزايد مستمر، وينتج من احتراق الوقود داخل محركات السيارات العديد من الملوثات ومن أهمها اول أكسيد الكربون، المركبات العضوية الطيارة (هيدروكربونات)، أكاسيد النيتروجين، ثاني أكسيد الكبريت والجسيمات العالقة بالإضافة إلى مركبات الرصاص السامة الناتجة من العادم عند استخدام وقود البنزين الذي يحتوي على نسبة من الرصاص وغيره من المعادن كمواد إضافية.

ويتعرض كثير من السكان وخاصة في المدن إلى الضوضاء الناجمة عن حركة المرور بما يتجاوز 65 ديسيبل، وهو المستوى الذي إذا تجاوزته الضوضاء فأنه يسبب الإزعاج والضرر.

وعلى الصعيد العالمي، يستأثر قطاع النقل بحوالي 30% من إجمالي الاستهلاك التجاري للطاقة، حيث يستهلك النقل البري وحده 82%، غير أن هناك اختلافات واسعة بين البلدان وهذا مرده إلى الوضع الاقتصادي لتلك البلدان.

لقد تم إحراز تقدم ملحوظ مع مرور السنوات فيما يتعلق بزيادة كفاءة السيارات من حيث استهلاك الطاقة وكمية ونوعية الوقود المستهلك وبالتالي كمية ونوعية الملوثات المنبعثة من السيارات.

ويعد تصميم وحالة المحرك في المركبات الآلية من الأمور الهامة التي يجب الاهتمام بها لحماية الهواء من التلوث وتختلف كمية هذه الانبعثات باختلاف أنــواع المركبات وعمرها وطرق تشغيلها ونوعية الوقود المستخدم، فالســيارات الحديثــة أكثر كفاءة في استهلاك الوقود وأقل تلويثا للبيئة، واستخدام الوقــود الخــالي مــن مركبات الرصاص يساهم بدرجة كبيرة في مكافحة التلوث بالرصــاص. كمــا أن طريقة تشغيل المحرك في حالة الانتظار وسرعة القيادة تعتبر من الأمور الهامــة لتخفيض استهلاك الوقود والتلوث، حيث أن القيادة بسرعة منتظمة (معتدلة) أفضل من القيادة المصحوبة بتغير كبير في السرعة، كما أنه عندما تكون المركبة في حالة سرعة يكون الاحتراق مثاليا حيث ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء إضافة إلى أكاسيد النيتروجين، وفي حالة تناقص سرعة المركبة يكون الاحتراق غيــر كامــل للوقود مما يزيد من انبعاث اول أكسيد الكربون والهيدروكربونات وتقل نسبة أكاسيد النيتروجين لانخفاض درجة الحرارة.

وتعد محركات الطائرات من مصادر تلوث الهواء الشديدة والجدول التــالي يبين كمية الملوثات الناتجة عن هبوط واقلاع طائرة مدنية من نوع جامبو.

جدول 4-8

الملوث	الكمية بالكيلوجرام
هيدروكربونات	20.7
اول أكسيد الكربون	84.7
اكاسيد النتروجين	53.8

كيف يحدث التلوث من المركبة الآلية؟

تتم عملية حرق الوقود كما نعلم جميعا من خلال مرور البنزين من خــزان الوقود إلى المحرك عن طريق مغذي الوقود (الكاربراتوري) الذي يقــوم بتغذيــة البنزين بالهواء بحيث يصبــح معدل كتلــة البنزين الداخلة إلى كتلة الهواء ثابتــة

عادة 1:15 ثم يحدث الاحتراق فتنتج مجموعة من المركبات تجد طريقها إلى الوسط البيئي وفي حالة حدوث خلل بالكاربراتيري، فمثلا في حالة زيادة نسبة الوقود إلى نسبة الهواء سيكون من ضمن النواتج اول أكسيد الكربون، وتنطلق الملوثات من السيارات من المخارج الآتية:

العادم (المرميطة)- علبة المرافق- مغذي الوقود (الكاربراتير)- التبخر من خزان الوقود، إلا أن معظم ملوثات الهواء تنطلق من العادم (المرميطة) فنجد أن اول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين ومركبات الرصاص تخرج بالكامل عن طريق العادم، وأن 65% من الهيدروكربونات أيضا تخرج عن طريق العادم، وبالنسبة للتبخر من خزان الوقود فيتم خروج حوالي 15% من الهيدروكربونات وبالنسبة لعلبة المرافق 25% من الهيدروكربونات.

المركبات التي تعمل بمحركات الديزل:

هناك فرق بين محركات الديزل (النافطة) ومحركات البنزين فالمواد المنبعثة من محركات الديزل أقل من المواد المنبعثة من محركات البنزين وهذا يعد من ميزات محركات الديزل بالنسبة للبيئة طبعا لأن التنفس في مجال الديزل ضئيل جدا والانبعاث بالتبخير منخفض وهذا لأن محرك الديزل يستخدم دائرة مغلقة لحقن الوقود كما أن وقود الديزل أقل تطايرا من البنزين حيث يغلي الديزل في درجة حرارة 350-750 درجة مئوية مقابل 90-400 درجة مئوية للبنزين.

ينصرف من عادم السيارات التي تعمل بالديزل عشر ما ينتج من سيارات البنزين من اول أكسيد الكربون والهيدروكربونات في حين تتعادل كميات أكاسيد النيتروجين وطبعا مركبات الرصاص منعدمة في الديزل، وعموما السيارات التي تعمل بمحركات الديزل لا تشكل مشكلة خطيرة بسبب قلة عددها إذا ما قورنت بالسيارات التي تعمل بالبنزين ومشكلة محركات الديزل الرئيسية هي الرائحة والدخان.

كيف تصل الملوثات إلى الإنسان:

عندما تنطلق الملوثات من المركبات الآلية عبر إحدى المخارج التـــي تمـــت الإشارة إليها فأنها تسلك إحدى السبل التالية، إما تسقط في المنطقة المرورية التـــي تسير بها السيارة او تنطلق إلى مساحات أبعد نتيجة انتقالها بالتيارات الهوائية وهذا بطبيعة الحال يعتمد على حجم هذه الملوثات ومدى قدرة الهواء المحيط على نقلهـــا إلى خارج المنطقة المرورية، وفي كل الأحوال فهي سوف تصل إلى الإنسان عبر إحدى الطرق التالية:

- الجهاز التنفسي من خلال استنشاقه لهذه الملوثات.
- الجهاز الهضمي من خلال انتقالها إليه عبر السلسلة الغذائية (مـــن خـــلال تناوله للخضراوات واللحوم المعرضة للملوثات وخاصة تلـــك التـــي يـــتم عرضها وبيعها على الطرقات).
- عن طريق الجسد من خلال لمس هذه الملوثات عند سقوطها على الأرض او على الأجسام الأخرى ولمس الإنسان لهذه الأجسام.

ويعتبر استنشاق الملوثات من أخطر الوسائل التي يمكن أن تلحـــق الضـــرر بالإنسان مقارنة بطرق الانتقال الأخرى.

4-4. الملوثات الجوية وتاثيراتها البيئية

اولاً: العوامل المحددة لكثافة الملوثات الجوية

بالاضافة الي الملوثات التي تنبعث الي الجو بشكل مستمر فأنه هناك عوامل تتحكم في كثافة هذه الملوثات في الجو. فيمكن تصنيف هذه العوامل الـــي اربعـــة مجموعات هي:

- ◊ كمية الملوثات المنطلقة
- ◊ شكل و موقع مصدر التلوث
- ◊ درجة القرب من مصدر التلوث
- ◊ الحالة الجوية السائدة

1- كمية الملوثات المنطلقة:

ان كمية الملوثات المنطلقة يحددها مصدر تلك الملوثات، ونوعيـــة الوقـــود المستخدم كطاقة، وطبيعة المواد المصنعة،والمواد الخام الداخلة في التصنيع، وحجم التفاعلات الصناعية وما يتولد عنها من مخلفات صلبة او غازية تنطلق الي الجــو، بالاضافة الي حجم الأستخدام المنزلي للوقود ونوعيته.

كما تعد وسائل النقل البرية احد مصادر تلوث الهواء الرئيسية،حيث تختلــف كميات الملوثات الناتجة من دولة الي اخري ومن منطقة لاخري بــل ومـــن حـــي لاخر، وذلك لاختلاف وسائل النقل والطرق ومساراتها. وبقدر مـــا تكـــون كميـــة الملوثات المنطلقة من المصنع والمنزل والسيارة كبيرة يكون التلوث فـــي اجوائهـــا اشد كثافة. لذا فان المدن تبدو كأنها بؤر التلوث الرئيسية في العالم لحجم الملوثـــات الضخمة التي تنطلق الي أجوائها من السيارات الوفيرة في طرقها وساحاتها، ومـــن المصانع والورش التي تحيط بها، ومن مداخن المنازل التي تنفث كميات لا يستهان بها من الملوثات.

2- شكل وموقع مصدر التلوث:

ان الشكل العام لموقع ومصدر التلوث يلعب دورا هاما في درجـــة تمركـــز الملوثات، خاصة فيما يتعلق بالمظهر التضاريسي، وتصـــميم المصـــنع والمنطقـــة الصناعية باكملها، والمدن وابنية السكن وارتفاع المداخن وغيرها.فتجمع سكاني يقع في سهل تلوثه اكبرمما لو كان ذلك التجمع منتشرا فوق ســـطح جبلـــي او اعلـــي هضبة.ولما لشكل مصدر التلوث من دور مهم في انتشار الملوثات وتركزها فقد تم تصنيف المصادر حسب شكلها الى:

- **مصادر نقطية:** مثل مداخن معامل توليد الطاقة الكهربية
- **مصادر خطية:** مثل انابيب تصريف عوادم السيارات، فهي ذات تفريغ نقطـــي، غيرأنه بسبب حركة السيارات بســـرعة علـــي طـــول مســـاراتها (الشـــوراع والطرقات) فأنها ترسم شكلا خطيا للعوادم المنبعثة منها.

- **مصادر مساحية:** مثل المداخن الخارجة من المنازل والتي تقذف للجو بمخلفات الاحتراق المنزلية وهي ترسم شكلا نقطيا (بقعيا) لانتشار تلك المخلفات، غير أنه في المجمعات المدنية والعمرانية، فان المداخن تعطي شكلا مساحيا لانتشار موادها الي الجو.

3- درجة القرب من مصدر التلوث:

حيث كثافة الملوثات الجوية تتناسب عكسيا مع درجة البعد عن مصادر تلك الملوثات، فكلما زاد البعد عن مصدر التلوث كلما قلت كثافته في الجو والعكس صحيح.لذا فان اجواء المدن تكون اشد تلويثا من اجواء الريف.وهكذا تكون الملوثات الخاصة بكل مصدر من مصادر التلوث اشد كثافة في اجواء مصادرها، كما هو الحال في مصانع الأسمنت حيث يتضح درجة القرب من مصدر التلوث في التاثير في شدة تركيز الملوثات. (فمصانع الأسمنت في حلوان لوثت بمداخنها وغبار الأسمنت المتولد عن المصانع منطقة حلون باكملها بل قد امتد التلوث الي منطقة المعادي التي تبعد عدة كيلومترات عن حلوان).

4- الحالة الجوية السائدة:

تلعب الحالة الجوية السائدة دورا بارزا في تحديد كثافة الملوثات الجوية، والعوامل الاتية هي اهم العوامل الجوية المؤثرة علي شدة تمركز الملوثات في الجو:

- درجة الحرارة
- الرياح
- الامطار

أ- درجة الحرارة:

ان الارتفاع الشديد في درجة حرارة سطح الأرض في ساعات النهار، وما يصاحبه من تسخين للهواء الجوي القريب من السطح، يؤدي الي حدوث تيارات

هوائية صاعدة نشطة تعمل علي نشر الملوثات علي اكبر مدي ممكن (درجة الحرارة تزيد من سرعة تحرك وانتشار الجزئيات). بينما ينجم عن التبريد الليلي لسطح الأرض والهواء القريب منه الي سيطرة حركات الهبوط الهوائية، والركود الجوي، متولدا عن ذلك تمركز معظم الملوثات الجوية بالقرب من سطح الأرض، ويكون انتشارها الرأسي في هذه الحالة محدودا، مما يرفع من كثافة الملوثات بالقرب من سطح الأرض ومثال لذلك ما يلاحظه الإنسان من غلالة تغطي المدينة في ساعات الصباح الباكر.

وجدير بالذكر ان التيارات الهوائية الساخنة تصعد الي اعلي والتيارات الهوائية الباردة تميل للهبوط لاسفل،نتيجة لان كثافة الهواء الساخن اقل من كثافة الهواء البارد.

ب- الرياح:

يلعب اتجاه الرياح وسرعتها أهمية كبري في توزيع وانتشار الملوثات في الجو، حيث تنتقل المواد الملوثة المنطلقة من سطح الأرض مع الاتجاه العام للرياح السائدة.لذا فان المناطق الواقعة في مهب رياح محملة بالملوثات ستكون حتما اكثر تلويثا من مناطق واقعة عكس مهب الرياح. ولقد كانت الرياح الجنوبية الشرقية السائدة في اثناء انفجار المفاعل النووي السوفيتي تشرنوبل عام 1986م ان تحركت سحابة من الملوثات الأشعاعية تجاه شمال غربي اوربا، والدول الاسكندنافية لتشيع الهلع والرعب في انحاء اوربا كلها.

اما فيما يخص سرعة الرياح، فكلما ازدادت سرعة الرياح، ازدادت حركة الملوثات الجوية، وكبر مدي انتشارها، وقل بالتالي تركيزها.واذا كانت الرياح شديدة السرعة تعمل علي اثارة الاتربة والرمال وتنقلها بعيدا عن منطقة اثارتها، فان تدني سرعة الرياح سيؤدي الي ترسيب الجزيئات الصلبة الكبيرة، لتحمل الصغيرة الي مسافات بعيدة.

ج- الامطار:

يقوم المطر علي تنقية الجو من الجزيئات الصلبة العالقة به. فبعض تلك الجزيئات يشكل نويات يتكاثف عليها بخار الماء لتسقط معه في اثناء هطوله، والبعض الاخر تكنسه الامطار او الثلوج المتساقطة معها وهي في طريقهما نحو سطح الأرض. وتكون تلك الامطار ملوثة تسبيا بلون الذرات الترابية او غيرها التي شكلت نويات تكاثف من جهة، وتسقطها معها من جهة اخري، ولذا شاع مصطلح مطر الدم للدلالة علي المطر الطيني ذو اللون القاتم كلون الدم. كما يمكن ان يكون المطر مطرا اشعاعيا اذا كانت تلك الذرات الترابية محملة بالمواد المشعة مثل تلك الامطار التي تلت انفجار المفاعل النووي السوفيتي تشرنوبل عام 1986م. وقد يكون المطر مطرا كيميائيا كالمطر الحمضي والمطر المحمل بالملوثات الكيميائية.

ثانياً: تاثير الملوثات علي درجة حرارة الأرض

ان لبض الملوثات تأثيرا مباشراً علي المناخ، حيث أنها تؤثر علي درجة الحرارة، وشدة الاشعاع الشمسي، وتشكل الغيوم، وتساقط الامطار. ولترابط العناصر المناخية المختلفة فان اي تغير في عنصر من العناصر بفعل ملوث او اكثر من الملوثات الجوية لابد وان ينعكس علي بقية العناصر بدرجات متفاوتة.لذا فان اية تغيرات طفيفة نسبيا في درجة الحرارة والامطار لابد وان يصاحبه اضطراب في توازن النظم البيئية الجوية. ونظرا لان درجة الحرارة من اهم عوامل اتزان النظم البيئية الهوائية والمائية والأرضية فسوف نستعرض اهم الملوثات التي تؤثر علي درجة الحرارة:

أ- غاز ثاني أكسيد الكربون Carbon Dioxide:

يلعب غاز ثاني أكسيد الكربون دورا كبيرا في التأثير علي كمية الأشعة الواصلة الي سطح الأرض والصادرة من سطح الأرض الي الفضاء.

إنّ كلّ جرام واحد من المادّة العضويّة المحتوية على الكربون تعطـــي عنــد احتراقها 1,5 - 3 جرامات من غاز ثاني أكسيد الكربون، علماً إنّ هذا الغاز يــؤدّي إلى ارتفاع درجة حرارة طبقات الجوّ القريبة. أمّا كيف يسبّب ثاني أكسيد الكربون ارتفاع درجات الحرارة في الطبقات القريبة من ســطح الأرض فتفســير ذلــك إنّ الإشعاعات الحراريّة المرتدّة عن سطح الأرض تكون موجاتها أطول من موجــات الضوء المرئي المعتاد، ويقع أغلبها في نطاق الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة، فإنّ هذه الإشعاعات لا تستطيع أن تمرّ في غاز ثاني أكسيد الكربون بــل تقوم جزئيات هذا الغاز بردّها. ويترتّب على ذلك إنّ غاز ثاني أكســيد الكربــون الموجود في الهواء يقوم بحجز جزء من الطاقّة الحراريّة المنبعثة من سطح الأرض ويحتفظ بها في داخل الغلاف الجوّي، ويمنع ذلك تبدّد حرارة الأرض في الفضــاء ويسبّب ارتفاع حرارة الغلاف الجوّي للأرض ممّا سيغيّر في مناخها، حيث تــزداد درجة الحرارة والرطوبة بأكثر من المعدّلات الطبيعيّة السابقة، نظــراً لأنّ درجــة حرارة سطح الأرض هي محصّلة لاتّزان دقيق بين مقدار ما يقع على هذا الســطح من أشعّة الشمس ومقدار ما ينعكس منها ويتشتّت في الفضاء.

ويعود سبب زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء إلى عاملين:

الاول: التوسع الكبير فـــي إحراق أنواع من الوقود من بترول وغاز طبيعي وفحم وخشب وما أشبه ذلك، سواء كان لأغراض صناعية او للتدفئة او لتشغيل محركات الاحتراق الداخلي فـــي السيارات والقارات والسفن والدرّاجات النارية ونحو ذلك.

الثاني: إزالة مساحات شاسعة من الغابات بهدف استثمارها في البنــاء والزراعــة التقليدية كزراعــة الحبوب والفواكه والخضر، أو بسبب استثمار أخشــابها فـــي أمور التدفئة، وإزالة الغابات معناه بقاء كمّيات كبيرة من هذا الغاز في الجو لفقدان عمليّة التمثيل الضوئي بالنسبة المطلوبة.

ب- دور بخار الماء Water Vapor:

لبخار الماء دور هام في حالات التكاثف،وتشكل الغيوم، وايضا لـــه تـــأثيرا حراريا مهما، لقدرته علي امتصاص جزء كبير من الأشعة الأرضـــية الحراريـــة (تحت الحمراء)، وجزء من الأشعة الشمسية، بحيث يعمل علـــي ارتفـــاع درجـــة الحرارة.

ج- تأثير الجسيمات الصلبة:

التزايد في تركيز الجسيمات الصلبة له دور في التأثير علي درجة الحـــرارة، قد لا يقل اهمية عن دور ثاني أكسيد الكربون. فبالاضافة الي الدور الرئيسي التـــي تقوم به تلك الجسيمات الصلبة والمتمثل بعملية الانعكاس للاشعة الواردة من الشمس والمصطدمة بها.الا أنها ايضا تقوم بامتصاص جزء من الأشعة الأشعة الأرضـــية الحرارية (تحت الحمراء) التي يشـــعها ســـطح الأرض.غيـــر ان فاعليـــة الـــدور الانعكاسي يفوق فعالية الامتصاص، وبذلك فان دورها التبريدي يتفوق بكثير عـــن دورها التسخيني وهذا ما دلت عليه اثار الثورات البركانية.

الفصل الخامس

التلوث الضوضائي وآثـــاره

5. مقدمة عن الضوضاء

5-1. الضوضاء والصوت

5-2. مصادر الضوضاء

5-3. أنواع التلوث الضوضائي وتأثيراته

5-4. الحماية وكيفية السيطرة على التلوث الضوضائي

5-5. تقرير حول الضوضاء في مصر والجهود المبذولة للتقليل من مخاطرها

5-6. مكافحة الضوضاء البيئية

الفصل الخامس

التلوث الضوضائي واثاره

5. مقدمة عن الضوضاء

تعتبر الضوضاء من أنواع التلوث العديدة حيث أنها صنفت بأنها ضارة على صحة الإنسان، الحيوان، الطيور والنبات وأشياء غير حية أخرى، إن مشاكل التلوث الضوضائي تزداد يوما بعد يوم وخصوصا في المناطق الحضرية "المزدحمة بالسكان"، بجانب المناجم، الطرق السريعة، المطارات، المناطق الصناعية ومناطق أخرى توجد بها حركات إنشاء كالبناء وتنفيذ مشاريع.

الضوضاء نوع من التلوث الجوي/الاهتزازي يصدر على شكل موجات حيث أن كلمة ضوضاء مشتقة من التعبير اللاتيني "NAUSES" ويوجد هناك تعاريف كثيرة ومختلفة للضوضاء على سبيل المثال تعرف الموسوعة البريطانية الضوضاء بأنه "الصوت الغير مطلوب" أما الموسوعة الأمريكية فتعرفه بأنه "الصوت الغير مرغوب". يعتمد التلوث الضوضائي على مدى استيعاب أذن الإنسان له لأن البعض يستحمل الضوضاء بنسب متفاوتة عن الآخر، واعتمادا كذلك على العوامل النفسية. وبشكل آخر إن أي صوت ينتج عنه ضوضاء يعتبر مزعجا وهو من وجهة النظر القانونية قد يُعرف بأنه تلوث خاطئ من الجو أدى إلى جرح مادي لحق الأفراد.

5-1. الضوضاء والصوت[*]:

ينتقل الصوت في الهواء علي شكل موجات متتالية (تعرف بالموجات الصوتية) حيث تهتز جزيئات الهواء، وتنتشر الموجات في جميع الاتجاهات وتسمع عند وقوعها علي جهاز السمع في الاذن.ان السرعة او البطء الذي يتذبذب به مصدر الصوت او يجعل الهواء يتذبذب يحدد خاصية اساسية للصوت تعرف باسم

[*] التلوث الضوضائي وطرق الحد منه اخبار البيئة مؤتمر البيئة 2005.

التردد Frequency، ويعبر عن التردد بعدد الذبذبات في الثانية (هيرتز). وتتميز كل موجة صوتية بتردد معين خاص بها، وتميز الاذن البشرية السليمة الاصوات بين 20 هيرتز الي 20000 هيرتز. أما الشعور الأكبر للأذن البشرية للأصوات فيكون للأصوات ذات التردد بين 1000–4000 ذبذبة/ثانية، وتخف حساسية الأذن البشرية بالتدريج عندما يقل او يزيد تردد الصوت عن هذا المدى.

وعادة تقع الاصوات المستعملة في التخاطب بين 200 الي 6000 هيرتز. وتعرف الترددات الصوتية الاقل من 20 هيرتز بأنها تحت الصوتية (الموجات تحت الصوتية infrasonic) والترددات فوق 20000 هيرتز فوق الصوتية (الموجات فوق الصوتية Ultrasonic).

وجدير بالذكر أنه ليست كل الأصوات قابلة للكشف من قبل أذن الإنسان حيث أن هناك نوعان من الصوت..

1- الصوت الخارجي: هو الصوت الذي يتجاوز مدى التردد 15 هيرتز تقريبا أي ما بعد الحد الأعلى للجلسة او الاجتماع الطبيعي الذي له تردد عالي جدا لإثارة إحساس الجلسة او الاجتماع.
2- الصوت الداخلي: هو الصوت الذي يصدر ترددا تحت 16 درجة هيرتز أي هو تحت المعدل الأدنى للجلسة او الاجتماع الطبيعي والذي يعرف عموما باسم الاهتزاز.

ويجدر بالذكر هنا أن الحيوانات لها مدى صوتي يختلف عن المدى الصوتي للأذن البشرية، كما أن هذه الحيوانات تختلف فيما بينها في مدى التردد الذي تميز فيه الأصوات.

نوضح هنا مثالا على أن بعض المدن الهندية الكبيرة التي تعتبر من أكثر المدن ضوضائية (مومباي، دلهي، شناي وكالكتا) حيث أن معدل الضوضاء بها

يزيد عن 45 درجة هيرتز حسب تقرير منظمة الصحة العالمية "W.H.O " مع أن معدل الضوضاء المقرر عالميا هو كالتالي:

- من 25 – 40 مقبول في المناطق السكنية
- من 30 – 60 مقبول في المناطق التجارية
- من 40 – 60 مقبول في المناطق الصناعية
- من 30 – 40 مقبول في المناطق التعليمية
- من 20 – 35 مقبول في المناطق المستشفيات

وتقاس شدة الصوت بوحدة تسمي الديسبل Decibel وهو اقل درجة صوت يمكن للانسان ان يسمعها (عتبة الصوت المسموع)، حيث يقدر درجة الهمس ب30 ديسبل والكلام العادي من 30–50 ديسبل، 10 ديسيبل تمثل شدة حفيف اوراق الأشجار الهادئ، 90–100 ديسيبل تمثل شدة صوت الرعد، 130 ديسيبل تمثل عتبة الألم عند الإنسان، 140 ديسيبل تمثل شدة صوت إطلاق صاروخ إلى الفضاء.

وهنالك وحدة، تسمى **الفون**، كثيرًا ما تستخدم لقياس مستوى ارتفاع النبرات. ويساوي مستوى الارتفاع بوحدة الفون لأي نبرة مستوى الشدة بالديسيبل لنبرة ذات تردد 1.000 هرتز تبدو في مثل ارتفاعها. فارتفاع النبرة التي شدتها 20 ديسيبلا وترددها 1.000 هرتز، على سبيل المثال، هو 20 فونًا. وأي نبرة أخرى تبدو بنفس الارتفاع، بغض النظر عن ترددها وشدتها، ستعطي مستوى الارتفاع 20 فونًا. فالنبرة التي شدتها 80 ديسيبلا وترددها 20 هرتزًا مثلاً سيكون مستوى ارتفاعها 20 فونًا إذا بدت في مثل ارتفاع النبرة التي شدتها 20 ديسيبلا وترددها 1.000 هرتز.

وامكن تقسيم شدة الصوت الي مستويات مختلفة وكل مستوي له مدي معين من الديسبل كما يوضح الجدول التالي:

جدول 5-1

بعض الامثلة عن مصادر الاصوات وشدتها وخطورتها

مصدر الصوت	شدة الصوت (ديسبل)	نوع الصوت وخطورته
استديوهات الاذاعة	20	مسموع
الهمس	30	هاديءجدا
مكتبة	35	هاديءجدا
غرفة جلوس	40	هاديء
الحديث العادي	60	هاديء
مكنسة كهربية	70	هاديء
شاحنة علي مسافة 18 م	80	مرتفع نسبيا
خلاط طعام	85	مرتفع نسبيا
دراحة نارية علي مسافة 8 م	90	مرتفع جدا
منبه سيارة -قطار سريع	95	مرتفع جدا
طائرة نفاثة علي ارتفاع 300 م	100	غير مريح (خطر عند سماعه)
حفار الطرق	110	غير مريح (خطر عند سماعه)
قصف الرعد الشديد	120	غير مريح (خطر عند سماعه)
موسيقي صاخبة	130	مؤلم عند سماعه (خطر)
اقلاع طائرة	150	مؤلم عند سماعه (خطر)
محرك صاروخي	180	مؤلم عند سماعه (خطر)

ومن هذا الجدول يتضح ان ان شدة الاصوات من 10 حتي 70 ديسبل تعتبر ذات وقع طبيعي علي الاذن ولا تسبب ضررا، ولكن الاصوات اكثر من ذلك يكون لها وقع غير طبيعي، وتعتبر بداية للضوضاء.

5-2. مصادر الضوضاء:

هناك مصدرين رئيسيين للضوضاء هما:

- مصادر طبيعية
- مصادر غير طبيعية (بشرية)

أولاً: المصادر الطبيعية:

وهي تشمل الانفجارات البركانية والزلازل، والرعد والاعاصير، وامواج المياه العالية. ولكن الضوضاء الطبيعية تعتبر مضايقات بيئية سرعان ما تختفي باختفاء المؤثر، والتي مهما طالت مدتها فهي قصيرة بالمقارنة بالضوضاء التي يحدثها الإنسان.

ثانياً: مصادر الضوضاء البشرية:

وهي الضوضاء التي تسبب الإنسان في حدوثها وتشمل المصادر الاتية:

1. وسائل المواصلات والنقل المختلفة وهذه تشمل وسائل النقل البرية من سيارات وعربات، ودراجات نارية، وناقلات شحن وخلافه، بالاضافة الي وسائل النقل الجوية كالطائرات بشتي انواعها وخاصة النفاثة منها. وقد دلت الدراسات علي ان 60-80% من ضوضاء المدن سببه السيارات ووسائل النقل الاخري،كمت يزداد معدل الضوضاء كل عام بدرجة 1 ديسبل بسبب الزيادة المطردة في وسائل المواصلات.
2. عمليات البناء والتشييد العمراني، ورصف الطرق، واقامة مشاريع الخدمات.
3. الاجهزة الكهربية المستخدمة في المنازل ومكاتب العمل.وتشمل اجهزة التلفزيون والراديو والتكييف، والمكانس الكهربية والخلاطات والغسالات ونحوها.
4. المصانع والمنشأت الصناعية والورش ومراكز الخدمة المختلفة.

وقد وصل معدل الضوضاء في المدن الكبري الي مستويات عالية، فقد بلغ في بعض المدن الامريكية والاوربية 90-95 ديسبل، مما قاد بعض ادول الي العمل علي تخفيض معدل الضوضاء لديها الي اقل من 75 ديسبل ويوضح الجدول التالي مستويات الضوضاء في بعض المدن.

جدول 5-2

المدينة	شدة الصوت (ديسبل)
دمشق	100-95
الرياض	95-80
الكويت (الطرق الرئيسية)	90
الكويت (قرب المطار)	162-143
القاهرة	92-70
طنطا (مصر)	84-62
مكة المكرمة (حول الحرم)	92-85
المدينة المنورة (حول الحرم)	90-85
جدة (الشوارع الرئيسية)	90-85
الدمام	85-70

5-3. أنواع التلوث الضوضائي وتأثيراته

تنقسم حسب مصدر التلوث وقوة تأثيره..

1. تلوث مزمن:

هو تعرض دائم ومستمر لمصدر الضوضاء وقد يحدث ضعف مستديم في السمع.

2. تلوث مؤقت ذو أضرار فسيولوجية:

تعرض لفترات محدودة لمصدر او مصادر الضوضاء ومثال ذلك التعرض للمفرقعات ويؤدي إلى إصابة الأذن الوسطى وقد يُحدث تلف داخلي.

3. تلوث مؤقت دون ضرر:

تعرض لفترة محدودة لمصدر ضوضاء مثال ذلك ضجيج الشارع والأماكن المزدحمة او الورش، ويؤدي إلى ضعف في السمع مؤقت يعود لحالته الطبيعية بعد فترة بسيطة.

حيث تقاس شدة الصوت بوحدة (ديسيبل) كما ذكرنا سابقاً، وكل الأصوات التي نسمعها يومياً تتدرج تحت مستويات رئيسية مقاسة بالديسيبل وهذه المستويات هي..

أ- المستوى 40-50 ديسيبل

ويؤدي إلى تأثيرات وردود فعل عكسية تتمثل بالقلق والتوتر فهي تؤثر في قشرة المخ مما يؤدي إلى عدم ارتياح نفسي واضطراب وعدم انسجام صحي.

أ- المستوى 60-80 ديسيبل

له تأثيرات سيئة على الجهاز العصبي ويؤدي إلى الإصابة بآلام شديدة في الرأس ونقص القدرة على العمل.

ب- المستوى 90-110 ديسيبل

يؤدي إلى انخفاض شدة السمع ويحدث اضطرابات في الجهاز العصبي والجهاز القلبي.

ج- المستوى أعلى من 120 ديسيبل

يسبب ألماً للجهاز السمعي وانعكاسات خطيرة على الجهاز القلبي الوعائي كما يؤدي إلى عدم القدرة على تمييز الأصوات واتجاهها.

ويعتمد مدى التضرر بالضوضاء على عوامل داخلية تشمل:

1. عمر الإنسان
2. وضعه الصحي
3. مدى انشغاله.

وعوامل خارجية تضم:

1. طول الفترة الزمنية التي يتعرض لها الإنسان للضجيج، فكلما طالت فترة التعرض للضجيج، ازداد تأثيرها على الإنسان.
2. شدة الصوت، فكلما ازداد شدة الصوت، ازداد تأثره على صحة الإنسان.

3. حدة الصوت، فكلما ازدادت حدة الصوت كان تأثيرها على الإنسان أكبر من تأثيرالأصوات الغليظة.

4. موقع السامع من مصدر الصوت حيث أنه كلما قرب السامع من مصدر الصوت كلما تأثر به اكثر.

5. الصوت المفاجيء اكثر تأثيرا من الضجيج المستمر.

وعموما:

* درجة الخطورة للتاثيرات الضوضائية تتناسب طرديا مع فترة التعرض.
* درجة الخطورة للتاثيرات الضوضائية تتناسب طرديا مع شدة الموجات الصوتية
* درجة الخطورة للتاثيرات الضوضائية تتناسب عكسيا مع المسافة بين الإنسان ومصدر الضوضاء.

ويمكننا صياغة العلاقة التي تجمع العلاقات الثلاثة كما يلي:

$$\text{درجة الخطورة للتاثيرات الضوضائية} \propto \frac{\text{فترة التعرض} \times \text{شدة الموجات}}{\text{المسافة بين الإنسان ومصدر الضوضاء}}$$

ويمكن الاستعاضة عن العلاقة الطردية في العلاقة السابقة بأدخال ثابت في العلاقة لتتحول الي معادلة يمكن صياغاتها في الصورة الاتية:

$$\text{درجة الخطورة للتاثيرات الضوضائية} = \frac{\text{ض} \times \text{فترة التعرض} \times \text{شدة الموجات}}{\text{المسافة بين الإنسان ومصدر الضوضاء}}$$

حيث ض هي المعامل الضوضائي، والتي تؤدي زيادته الي زيادة درجة **الخطورة للتاثيرات الضوضائية.**

وتشير بعض الدراسات التي قام بها العلماء النمساويون إلى ان عمر الإنسان ينقص من 8 إلى 10 سنوات في المدن الكبيرة بالمقارنة مع سكان الأرياف بسبب التلوث الضوضائي.

وعموما تسبب الضوضاء اضرار كثيرة للانسان منها ماهو نفسي ومنها ما هو عصبي، كما أنها تؤثر بطريقة غير مباشرة علي الناحية الاقتصادية والاجتماعية وفيما يلي اهم تأثيرات الضوضاء:

أ- التأثيرات النفسية:

يؤدي ارتفاع شدة الصوت عن المعدل الطبيعي في البيئة الي نقص النشاط الحيوي، والاثارة والقلق، وعدم الارتياح الداخلي، والتوتر والارتباك، وعدم الانسجام والتوافق الصحي، وقلة التفكير للذين يتعرضون لذلك.

ب- التأثيرات العصبية:

تصل الضوضاء عبر الالياف العصبية الي الخلايا العصبية المركزية في المخ فتهيجها وهذا التاثير ينعكس علي اعضاء الجسم كالقلب الذي يسرع في نبضاته، والجهاز الهضمي الذي يضطرب فتزيد افرازات المعدة مما يؤدي الي الاصابة بالقرحة المعدية وقرحة الاثني عشر، ويمكن ان تتأثر ايضا الكبد والبنكرياس والامعاء، وتؤدي هذه التغيرات الي ارتفاع ضغط الدم. كما تسبب الضوضاء التوتر العصبي وزيادة الانفعالات التي يشكو منها كثير من الناس.

ج- التاثير علي السمع:

عندما يتعرض الإنسان الي صوت شدته اعلي من 50 ديسبل، يبدا في الشكوي من قسوة هذا الصوت، ويبدا الانزعاج منه، وعند شدة صوت 90ديسبل تبدأ اعضاء الجسم في التأثر، فيحدث ضعف في حاسة السمع قد يزول عند زوال المؤثر والابتعاد عن الضوضاء فترة طويلة، وعند شدة صوت اعلي من ذلك (120 ديسبل فما فوق) قد يفقد الإنسان سمعه تماما ويصاب بالصمم.

د- التاثير علي انتاج العاملين:

تفيد الدراسات الي ان العاملين الذين يتعرضون للضوضاء اثناء عملهم تقل قدرتهم علي الانتاج، وذلك لاحتمال اصابتهم بالامراض التي ذكرت سابقا، وايضا لاثر الضوضاء علي تركيزهم وانتباههم حيث تقل قدرتهم علي القيام بالاعمال الذهنية، وتكثر فترات تغيبهم عن العمل، وعند قيام بعض الشركات بتخفيف اثر الضوضاء علي العمال وتقليل فترات تعرضهم لها زاد الانتاج وانخفض معدل الغياب.

تأثير الضوضاء علي طلبة المدارس:

وقد اوضحت الدراسات التي أجريت على أطفال المدارس مدى تأثير الضوضاء على الصحة. ففي دراسة لردود فعل الأطفال الذين تراوح أعمارهم بين 11-12 سنة،ويتعرضون إلى ضوضاء في المدارس بمعدل 47 ديسيبل، تبين أنه يحدث لديهم نقص في نشاط المخ يتمخض عنه نقص في تنبه الجملة العصبية، ومن ثم انخفاض قدرتهم على الاستيعاب، وسوء الرؤية. كما تبين أن عندما ترتفع شدة الضوضاء في غرف الدراسة من 30 إلى 47 ديسيبل، يرتفع معدل الأدرينالين Adrenaline في الدم من 2.7 إلى 4.11%، وانخفاض معدل سكر الدم في نهاية اليوم الدراسي، وذلك، ناتج عن اتخاذ الجسم وضعاً دفاعياً ضد تأثير الضوضاء.

وفي دراسة أخرى على طلبة المدارس تم تعريض مجموعة منهم لضوضاء تراوح شدتها من 50-60 ديسيبل خلال ساعات الدراسة، بينما عرضت المجموعة الأخرى لضوضاء تراوح شدتها من 30-49 ديسيبل، تبين أنه في نهاية اليوم الدراسي أنه يحصل لطلبة المجموعة الاولى الذين تعرضوا لضوضاء أكثر شدة، انخفاض شديد في سماعهم لأصوات المعلمين، كما يظهر عليهم علامات التعب الشديد والشعور بطول وقت الدراسة.

ضجيج المطارات يضعف ذاكرة الأطفال:

يقول الخبراء ان المهارات الادراكية المعتمدة على اللغة تتأثر بالضجيج أكثر من أي مهارة أخرى. وعليه فإن الضجيج العالي المصاحب لإقلاع الطائرات وهبوطها لا يشكل مصدر إزعاج فقط للأشخاص القاطنين بجوار المطارات، بل يضعف قوة الذاكرة عند الأطفال أيضا، هذا ما حذرت منه دراسة سويدية جديدة نشرتها مجلة "العلوم النفسية" المتخصصة. واوضح العلماء في جامعة جافيل بالسويد أن ضجيج الطائرات يعطل قدرات التعلم والذاكرة، وخاصة فيما يتعلق بالنصوص الصعبة، حيث تتأثر المهارات الادراكية المعتمدة على اللغة بالضجيج أكثر من أي مهارة أخرى.

ووجد الباحثون في دراستهم التي أجروها في ألمانيا قبل افتتاح مطار ميونيخ الدولي الجديد، وإغلاق المطار القديم، على 326 طفلا يسكنون بالقرب من موقع المطارين، أن الأطفال الذين يعيشون قريبا من المطار القديم شهدوا تحسنات كبيرة في قوة الذاكرة قصيرة وطويلة المدى، وقدرتهم على القراءة بعد إغلاق المطار، أما من تعرضوا لضجيج الطائرات بعد افتتاح المطار الجديد، فقد أظهروا ضعفا واضحا في قوة الذاكرة طويلة المدى وقدراتهم على القراءة، وإدراك الكلام، والقدرة على سماع الكلمات عند وجود ضجيج، حتى أن هذه القدرة لم تتحسن عند الأطفال بعد إغلاق المطار. وللتقليل من هذه الآثار المؤذية، ينصح الباحثون باختيار مدارس الأطفال في مواقع هادئة والمجهزة جيدا بحيث تكون معزولة عن أي ضجيج، وعدم السكن بالقرب من المطارات.

5-4. الحماية وكيفية السيطرة على التلوث الضوضائي

يتزايد الاهتمام بالتلوث الضوضائي، حيث تعددت مصادره وازدادت أخطاره خصوصا على الإنسان حيث يعمل على خلل بعض الأعضاء داخل جسم الإنسان لذلك يتطلب اتخاذ إجراءات وقائية من أهمها..

1. الإصلاح المستمر للماكينات التي توجد بالمصانع وبهذه الخطوة من الممكن أن يقلل او يُعدم الضوضاء.
2. المراقبة الصارمة على الصناعات وتعديل العمليات للسيطرة على الضوضاء أثناء إصدار وتجديد رخص العمل.
3. إصدار التشريعات اللازمة وتطبيقها بحزم لمنع استعمال منبهات السيارات ومراقبة محركاتها وإيقاف تلك المصدرة للأصوات العالية.
4. تعتبر النباتات من أهم الطرق لامتصاص الضوضاء خصوصاً الضوضاء النبضية. إن زراعة الأشجار مثل Casuarina ، بانيان، تمر هند و Neem على طول الطرق او الشوارع العالية يساعد في تخفيض الضوضاء في المدن والبلدات.
5. منع استعمال مكبرات الصوت وأجهزة التسجيل في شوارع المدينة والمقاهي والمحلات العامة على سبيل المثال من الساعة 10 مساءا لغاية الساعة 5 فجرا.
6. نشر الوعي وذلك عن طريق وسائل الإعلام المختلفة ببيان أخطار هذا التلوث على الصحة البشرية بحيث يدرك المرء أن الفضاء الصوتي ليس ملكا شخصيا.
7. التخطيط العمراني السليم و إبعاد المدارس والمستشفيات عن مصادر الضجيج.
8. إبعاد المطارات والمدن والمناطق الآهلة بالسكان مسافة لا تقل عن 30 كم.
9. يجب أن تكون خطوط السكة الحديدية والطرق السريعة والمطارات بعيدة عن المناطق السكنية قدر الإمكان.
10. القيام باجراءت لخفض مستوي الضوضاء من مصادر انبعاثها.
11. القيام باجراءت لحماية الإنسان الذي يعمل في بيئة تزداد فيها الضوضاء (وذلك بتقليل ساعات العمل وفترات التعرض وتغيير مواقع العمال واستبدالهم باخرين).
12. استخدام المواد العازلة للصوت في بناء المنازل ومكاتب العمل والمدارس والمستشفيات وخاصة في المواقع الصاخبة.

5-5. تقرير حول الضوضاء في مصر والجهود المبذولة للتقليل من مخاطرها[*]:

ارتفعت مستويات الضوضاء بمصر في الاونة الأخيرة؛ نتيجة تزايد المشاريع الجديدة، والازدياد العشوائي للأنشطة التجارية، وبعض السلوكيات الخاطئة التي تحدث في مجتمعنا، مثل استخدام آلات التنبيه، ورفع أصوات المكبرات.

الأسباب الرئيسية للضوضاء في مصر:

تتعدد مسببات الضوضاء، وتتمثل في:

اولاً: ضوضاء وسائل المواصلات والطرق:

تعد وسائل المواصلات أحد المصادر الرئيسية للضوضاء، وتنقسم بدورها إلى:

1- ضوضاء المركبات:

وتنتج ضوضاء المركبات عما يلي:

- محرك المركبة.
- الشكمان (ماسورة العادم).
- آلات التنبيه.
- صوت مروحة التبريد وصندوق نقل حركة التروس والفرامل.
- احتكاك الإطارات بالطرق.

2- ضوضاء السكك الحديدية.

3- ضوضاء الطائرات.

ثانياً: ضوضاء الإنشاءات والمباني:

تعتبر ضوضاء المباني والإنشاءات من مصادر الضوضاء المزعجة، وخاصة أعمال الحفر، وخلاطات الأسمنت، وحركة الاوناش، ورصف الطرق، وأعمال اللحام، إلا أنها تُعتبر ضوضاء غير دائمة فى مناطق محددة؛ حيث تنتهي بانتهاء أعمال المباني.

---

[*] وزارة الدولة لشئون البيئة جهاز شئون البيئة-الإدارة العامة للإعلام-2006/4/30.

ثالثاً: ضوضاء الأنشطة التجارية والبشرية:

تعتبر الضوضاء الناتجة من الأنشطة التجارية والبشرية، مثل تواجد المحلات أسفل العقارات بجميع أنواعها وأنشطتها، من أسباب الضوضاء التي يصعب التحكم فيها؛ ولذا يجب نقل الأسواق والأنشطة التجارية من المناطق السكنية.

رابعًا: ضوضاء مكبرات الصوت والاحتفالات:

تصدر هذه الضوضاء عن استعمال مكبرات الصوت فى الاحتفالات والأفراح فى الأماكن المفتوحة، واستعمال السماعات ذات القدرة الصوتية العالية فى صالات الأفراح والملاهي، هذا بالإضافة إلى استعمال المكبرات فى المآتم ولـــدى الباعـــة الجائلين.

خامسًا: ضوضاء المنشآت الصناعية:

ضوضاء المصانع تؤثر على البيئة الخارجية حيث أن المناطق السكنية قـــد زحفت على المناطق الصناعية مما أدى إلى تأثر المواطنين بالضوضاء الناتجة عن المصانع.

سادسًا: ضوضاء أنظمة التبريد المركزية والمكيفات:

نتيجة لعدم وجود كود ضوضاء للمباني، وعدم وجود تصميم صوتي لمواضع التكييفات وأنظمة التكييف المركزي، وتركيبها فى أماكن غير مناسبة، مما يـــؤدى إلى زيادة الضوضاء الناتجة عنها، وزيادة شكاوى المواطنين.

5-6. مكافحة الضوضاء البيئية

إن أسلم وأقصر الطرق إلى مكافحة الضوضاء البيئية يكـــون مـــن خـــلال تصحيح سلوكيات المواطنين على النحو التالي:

- إدخال البعد البيئي لدي النشيء في المدارس والجامعات.
- مراعاة عدم رفع صوت التليفزيون والراديو والكاسيت مراعاة للجيران.
- خفض أصوات الكاسيت والسماعات في المحلات التجارية.

- منع استخدام مكبرات الصوت لدي الباعة الجائلين.
- عدم استخدام مكبرات الصوت الخارجية في الاحتفالات والأفراح.
- استبدال الميكرفونات داخل المدارس بسماعات داخلية.
- ترشيد سائقي المركبات في استخدام آلات التنبيه.
- عدم استخدام السارينة الهوائية في المركبات واستخدام آلات التنبيه في الطرق السريعة عند الضرورة فقط.
- الترشيد في استخدام السارينة الخاصة بعربات الشرطة والإسعاف.
- صيانة المركبات للحد من الضوضاء الصادرة عن المحرك والشكمان.

تعاليم الأديان في الحد من الضوضاء:

لا تتنافي سلوكيات المجتمع الخاطئة بالنسبة للضوضاء مع الذوق السليم والإحساس بالمسئولية فحسب، بل أنها تخالف تعاليم جميع الأديان السماوية والمبادىء الإنسانية، وقد استنكر النص القرآني الكريم رفع الصوت؛ حيث يقول تعالى: {وأقصد في مشيك واغضض من صوتك إن أنكر الأصوات لصوت الحمير} [سورة لقمان:]

جهود وزارة البيئة للحد من الضوضاء:

إدراكًا من وزارة الدولة لشئون البيئة بخطورة الضوضاء على صحة الإنسان المصري، قامت الوزارة بإعداد الخطة القومية للحد من التلوث السمعي الناتج عن الضوضاء، والتي تشتمل على:

أولاً: إعداد برنامج قومي لمكافحة الضوضاء والحد من مصادرها، ينفذ خلال السنوات الست القادمة، وتشارك فيه بالإضافة إلى وزارة الدولة لشئون البيئة وزارات: الداخلية، والسياحة، والاوقاف، والتخطيط والتنمية المحلية، والصحة والسكان، والطيران المدني، والتجارة والصناعة، والنقل، والإسكان والمرافق والتنمية العمرانية، والتربية والتعليم.

ووفقًا لهذا البرنامج تقوم وزارة الدولة لشئون البيئة بـــ:

1- مراجعة وتعديل المعايير والحدود القصوى لمستويات الضوضاء الــواردة في اللائحة التنفيذية لقانون البيئة، ووضـــع معـــايير وحـــدود لضوضـــاء المركبات والطرق السريعة.

2- تنفيذ حملة إعلامية بالتعاون مع وسائل الإعلام لرفع الوعي البيئي بمكافحة الضوضاء.

3- الاشتراك مع شرطة البيئة في تنفيــذ حمـــلات للتفتــيش علـــى مصــــادر الضوضاء الثابتة والمتحركة.

4- إقامة شبكة رصد للضوضاء البيئية، وإعداد خريطـــة للضوضـــاء البيئيـــة وقاعدة بيانات عن مستويات الضوضاء؛ للاستفادة منها عند إقامة منشـــآت جديدة، وتصحيح الاوضاع الحالية.

5- إمداد الوزارات والجهات المعنية بنتائج الرصد وقيم مستويات الضوضاء؛ للاستفادة منها في إقامة أي مشروعات قومية، مثـــل: الطـــرق الســـريعة، والكباري، والمستشفيات، والمدارس، والمناطق السكنية.

6- تدريب المختصين في مجال الضوضاء لـــدى الـــوزارات المعنيـــة طبقًـــا للاحتياجات الواردة للوزارة.

ثانيًا: تكثيف حملات مشتركة من وزارة البيئة وأجهزة وزارة الداخليـــة؛ لتحقيـــق الانضباط البيئي للسيطرة على مصادر الضوضاء، وتشمل:

أ- تكثيف الحملات مع شرطة البيئة في السيطرة على ضوضـــاء المصـــادر الثابتة (المناطق التجاريـــة- المنـــاطق الصـــناعية- المقـــاهي- قاعـــات الاحتفالات- محلات الكاسيت- المدارس).

ب-تكثيف الحملات مع شرطة المرور وشرطة المرافق وأجهـــزة مـــديريات الأمن في السيطرة على المصادر المتحركة (المركبات ووســـائل النقـــل- مكبرات الصوت- السكك الحديدية- مترو الأنفاق- العائمات النهرية).

ثالثًا: التفتيش الدوري على المنشآت، وقياس مستويات الضوضاء داخل وخارج المنشآت، من خلال جميع أفرع الجهاز، وإعداد قاعدة بيانات لنتائج هذه القياسات ونشرها على الموقع الإلكتروني للوزارة.

رابعًا: تنفيذ حملات إعلامية لرفع مستوى الوعي البيئي لدى المواطن المصري، فيما يتعلق بالمشاركة في خفض الضوضاء والآثار السلبية الناتجة عنها؛ حيث تم إعداد مواد إعلامية (مطويات وملصقات) للتوعية بمخاطر الضوضاء، وتم توزيعها خلال الاحتفالات بيوم البيئة العالمي في شهر يونية 2005، حيث تم توزيع:

أ- عدد 95 ألف ملصق+ عدد 24 ألف مطوية.

ب- عدد 5 آلاف ملصق، وعدد 6 آلاف مطوية على نطاق واسع في جميع محافظات الجمهورية.

خامسًا: إعداد المواصفات المصرية الخاصة بالصوتيات والضوئيات والضوضاء والوسائل الصوتية، مع الهيئة المصرية للسلامة والجودة؛ حيث يتم الالتزام بتطبيق المعايير الواردة فيها؛ لضمان خفض مستويات الضوضاء من مصادرها المختلفة.

سادسًا: قامت وزارة الدولة لشئون البيئة بـ:

* إمداد الإدارة العامة لشرطة البيئة والمسطحات المائية بأجهزة قياس مستوي الضوضاء؛ وذلك تسهيلاً للسيطرة على مصادر الضوضاء المختلفة، وتكثيف حملات التفتيش علي (المنشآت السياحية، والعائمات النهرية، وقاعات الاحتفالات والأفراح)، كما تم عقد برنامج تدريبي علي كيفية استخدامالأجهزة وطرق قياس مستويات الضوضاء وتحليل النتائج في إدارة شرطة البيئة للعاملين علي هذه الأجهزة.
* زيادة عدد أجهزة قياس مستوي الضوضاء في جهاز شئون البيئة والأفرع التابعة له، كما تم تدريب جميع العاملين في مجال الضوضاء في الجهاز والفروع علي كيفية استخدام أجهزة قياس مستوي الضوضاء وطرق القياس وتحليل النتائج؛

وذلك تمهيدًا لتكثيف حملات التفتيش علي مصادر الضوضاء المختلفة طبقاً لخطة مكافحة الضوضاء.

* إمداد الإدارة العامة للتفتيش البيئي بأجهزة قياس مستوي الضوضاء، كما تم تدريب جميع المفتشين بالإدارة علي كيفية استخدامالأجهزة وطرق قياس مستوي الضوضاء وتحليل النتائج؛ لتسهيل القيام بالمعاينات والقياسات الخاصة بالضوضاء أثناء التفتيش علي المنشآت المختلفة.

الفصل السادس

التلوث الاشعاعي واثاره البيئية والصحية

الفصل السادس

التلوث الاشعاعي واثاره البيئية والصحية

6. مقدمة عن التلوث الاشعاعي

التلوث الاشعاعي هو احد صور التلوث الفيزيائي للبيئة، ويمكن تعريفه بانه تلوث الانظمة البيئية الثلاث بالعناصر أو المواد أو العوامل ذات الطبيعة الاشعاعية.

كما يمكن تعريفه بانه هو وجود نشاط إشعاعي في بيئة معينة، فوق الحد المسموح به وبشكل يضر بالإنسان والكائنات الحية.

ويحدث التلوث الإشعاعي عند انطلاق أو تسرب المواد المشعة (صلبة، سائلة أو غازية) من الأوعية أو الخزنات أو االمفاعلات التي تحتويها من خلال ثقوب أو شروخ بها أو نتيجة لانفجارها. تندمج المواد المشعة بعد تسربها في عناصر البيئة المختلفة مثل الماء والتربة والهواء لتنتقل بعد ذلك إلى الإنسان.

وتلوث الماء بالمواد المشعة يمكن أن ينتقل مباشرة إلى الإنسان بالتسرب أومن خلال تناول الحيوانات والأسماك والنباتات البحرية التي تعتبر ذات قدرة علي تركيز المواد المشعة في أجسامها.

أما تلوث التربة بالمواد المشعة فينتقل إلى النباتات ومنها إلى الإنسان مباشرة أو عند تناول الحيوانات التي تتغذى علي تلك النباتات الملوثة و بالرغم من ذلك فإن تسرب المواد المشعة إلى التربة هو أقل عمليات التلوث خطورة بسبب كونه موضعيا لأن الزمن اللازم لكي تتحرك المواد المشعة عبر طبقات التربة إلى أن تصل للمياه الجوفية يكون طويلا.

ويعتبر التلوث الأشعاعي من اخطر انواع التلوث حيث أنه لايري او يشم غالبا، فهو يدخل الي الجسم دون ان يدل علي تواجده أو ترك اثر في باديء

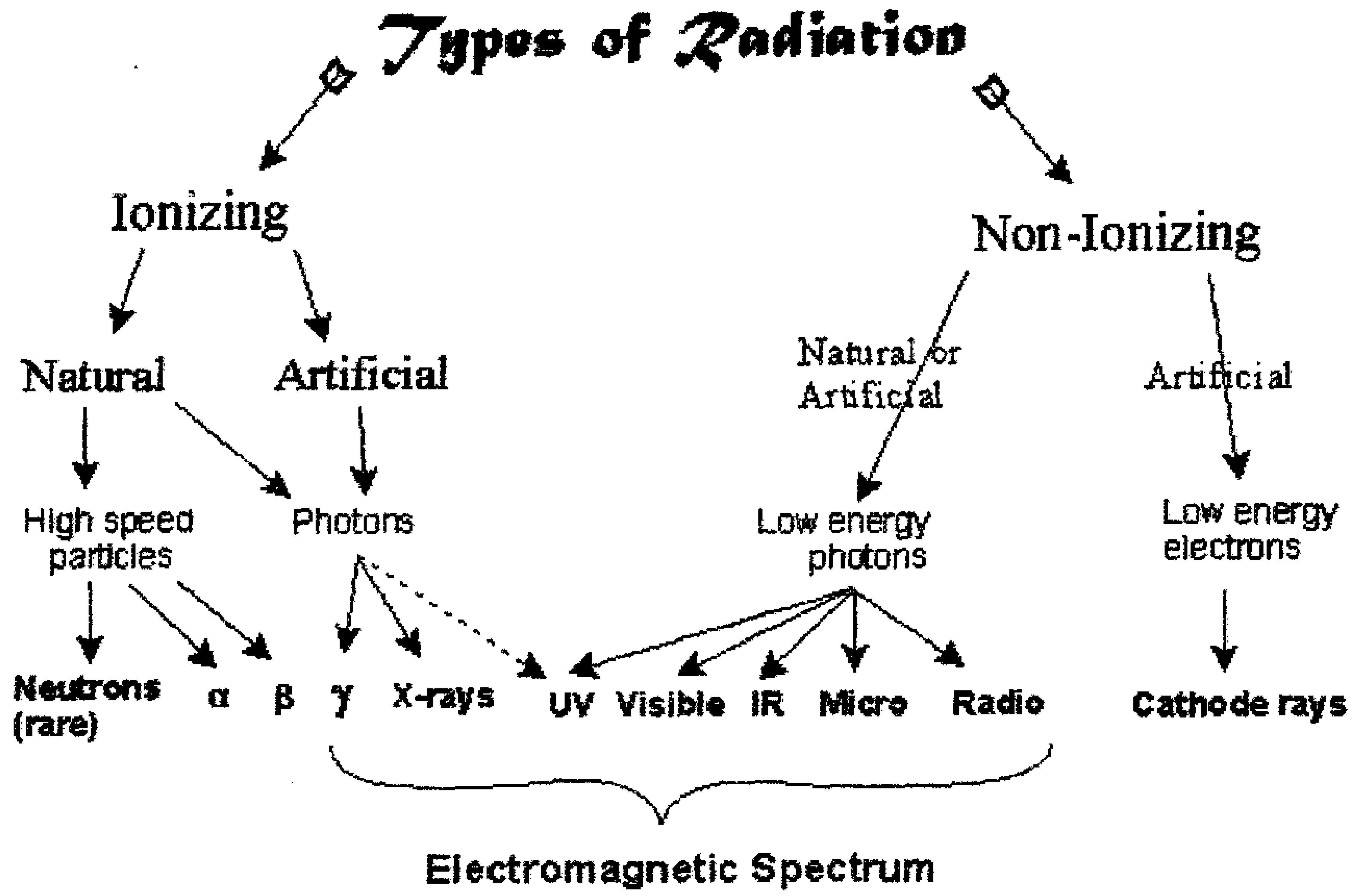
الامر. وكثير من الأشعة ذات طبيعة تراكمية في الكائنات الحية اي تتراكم في الخلايا ويظهر تأثيرها عمدما تصل لتركيز معين. ويختلف هذا التأثير حسب نوعية الاشعاع فقد يكون ذو تاثير حراري فقط أو تاثير بيولوجي ويسبب الامراض.

والتلوث الأشعاعي يكون بفعل العناصر والمواد المشعة التي تؤثر علي الحياة سلبا ويتولد عنه العديد من المخاطر عبر فترة زمنية من خلال سلسلة من التفاعلات المطردة الناجمة عن هذا النوع من التلوث. والمخاطر الصحية المتأتية عبر هذا النوع من التلوث تعتمد علي عوامل عديدة منها:

- حجم وكمية المادة المشعة الممتصة.
- نوع الاشعاع وطبيعته.
- قوة الاشعاع وقدرته علي التغلغل داخل الخلايا.
- معدل الجرعة الصادرة عن المادة المشعة.
- نسبة الخلايا والانسجة المعرضة للاشعاع.

6-1. تصنيف الأشعة

يمكن تصنيف الأشعة حسب قدرتها علي تأيين الوسط التي تقع عليه الي اشعة مؤينة واشعة غير مؤينة.كما ينبغي تصنيفها تبعا لمصدرها فتكون اشعة طبيعية او صناعية. يمكن تصنيفها حسب طبيعتها الي موجات كهرومغناطيسية واخري علي شكل جسيمات.ويبين الشكل التالي تصنيف الاشعة من حيث كونها مؤينة او غير مؤينة.



شكل 6-1 تصنيف الاشعة

6-2. الطيف الكهرومغناطيسي

الطيف الكهرومغناطيسي او الأشعة الكهرومغناطيسية او الأمواج الكهرومغناطيسية كلها تحمل نفس المعني الفيزيائي، وحين التحدث عن جزء خاص من هذا الطيف الكهرومغناطيسي مثل الضوء المرئي المايكروويف وأشعة اكس وأشعة جاما وموجات التلفزيون والراديو كلها عبارة أشعة تعرف باسم الأشعة الكهرومغناطيسية Electromagnetic Radiation وكلها لها نفس الخصائص ولكنها تختلف في الطول الموجي Wavelength او التردد Frequency .

وتشتمل الموجات الكهرومغناطيسية علي عدة انواع يتم التمييز بينها حسب اطوالها الموجية او تردداتها او طاقتها وترتبط هذه الخواص بالمعادلات الاتية:

$$F = c/\lambda$$

حيث f تردد الموجة

c سرعة الضوء 300 الف كيلومتر /ثانية

λ الطول الموجي للموجة

$$E = h \times f$$

E طاقة الموجة

h ثابت بلانك

ويوضح الجدول التالي بعض انواع الاشعاعات الكهرومغناطيسية

جدول 6-1

نوع الاشعاع	الطول الموجي
موجات الراديو	اكبر من 3 سم
موجات الميكرويف	3-0.04 سم
الأشعة تحت الحمراء	400-0.780ميكروميتر
الموجات المرئية	380-780 نانوميتر
الموجات فوق البنفسجية	10-380 نانوميتر
الأشعة السينية	0.01 -10 نانوميتر
اشعة جاما	اقل من 0.01 نانوميتر

وتشتمل الاشعاعات الجسيمية علي جسيمات متعادلة مثل النيترونات، وجسيمات مشحونة منها ما هو خفيف مثل اشعة بيتا (الكترونات) والبوزيترونات (جسيمات موجبة)، ومنها ما هو ثقيل مثل البرتونات وجسيمات الفا.

6-3. النظائر المشعة

تتركب جميع العناصر الكيميائية من ذرات. ولكل ذرة عدد كتلي، وهو عبارة عن مجموع البروتونات والنيوترونات. وعدد ذري، وهو مجموع البروتونات فقط.

ونظائر العناصر الكيميائية هي أشكال من العنصر الكيميائي لـذرتها نفس العدد الذري Z، ولكنها تختلف في الكتلة الذرية وكلمة نظير،تعنى نفس المكان، وذلك لأن كل النظائر المختلفة للعنصر تشغل نفس المكان بالجدول الدوري.

الرقم الذري يساوى عدد البروتونات الموجودة في الذرة. وعلى هذا فإن نظائر عنصر محدد تحتوى على نفس عدد البروتونات. والإختلاف يكون في عدد

الكتلة الذرية والذى ينتج من إختلاف عدد النيوترونات في نواة الذرة وتتشابه النظائر في الخواص الكيميائية وتختلف في الخواص الفيزيائية.

كما أن نظائر أى عنصر تشكل مجموعة النيوكليدات. والنيوكليد هو نوع معين من نواة الذرة، وللتعميم فأنه عبارة عن تكتل البروتونات والنيوترونات. ولمزيد من الدقة فإن من الأصح القول بأن عنصر مثل الفلور يتكون من نيوكليد واحد ثابت بدلا من القول بأن له نظير واحد ثابت.

عند تطبيق عملية التسمية العلمية فإن النظير (النيوكليد) محدد بإسم العنصر متبوعا بشرطة ثم عدد النيوكلونات (البروتونات والنيوترونات) الموجودة في نواة الذرة (مثال، هيليوم-3. كربون-12، كربون-14، حديد-57، يورانيوم-238). وعند إستخدام الإختصارات فأنه يتم وضع رقم النوكلونات اعلى رمز العنصر (He^{3}، C^{12}، C^{14}، Fe^{57}، U^{238}).

تصنف النظائر عامة تحت عنوانين اثنين:

الاول: " نظائر مستقرة " وهي لا تتغير أبداً وتشكل غالبية العناصر الموجودة في الطبيعة وتكون نسبتها إلى بعضها من أجل عنصر محدد ثابتة.

الثاني: " غير مستقرة او مشعة " وهي أقل وفرة في الطبيعة من النظائر المستقرة، ويرجع سبب عدم استقرارها لوجود طاقة زائدة داخل نوى ذراتها ما يجعلها تسعى دائماً وبشكل تلقائي للتخلص من هذه الطاقة، وعندما تطلقها او تطلق جزءاً منها نقول أنها تفككت او اضمحلت، وبالنتيجة تنتقل نواة الذرة من حالة إلى حالة أخرى إذا أصدرت أشعة غاما او أنها تتحول إلى نظير آخر إذا أطلقت أشعة ألفا او أشعة بيتا.

ولقد اكتسبت بعض هذه النظائر شهرة فائقة للاستفادة منها في الأغراض السلمية في أكثر من مجال: تستخدم في الطب لمعالجة بعض الأمراض مثل اليود المشع وفي الزراعة للحفاظ على الأغذية وفي مجال الصناعة للحصول على الطاقة الكهربائية مثل اليورانيوم.

6-3-1. عمر المادة المشعة

يعرف النشاط الأشعاعي لعنصر ما بأنه عدد الأنوية التي تتفكك او تتحلل فى الثانية الواحدة لينتج من هذا التحلل انبعاث جسيمات موجبة أو سالبة وإشعاعات كهرومغناطيسية.

والنشاط الإشعاعى للعناصر المشعة تتغير مع الزمن وقد استعملت عبارة نصف العمر للدلالة علي مدة بقاء المادة المشعة ويعرف عمر النصف half life الذى يعرف بأنه الزمن اللازم لكى تتحلل نصف عدد الأنوية.وهناك عناصر لها عمر نصف كبير يقدر بـ 1.39×10^{10} سنة كعنصر الثوريوم $Th^{232}s$ وأخرى مثل البولونيوم $Po^{212}s$ يبلغ عمر النصف فيها $10^{-7} \times 3$ ثانية. والجدول التالي يبين فترات عمر النصف بعض العناصر.

جدول 6-2

عمر النصف	العنصر
700000000 سنة	يورانيوم235
5730 سنة	كربون 14
1622 سنة	راديوم 226
5 سنة	كوبلت 60
8 أيام	اليود 131
15 ساعة	الصوديوم 24
1000000/1 ثانية	البولونيوم 212

ولمعرفة مقدار الذرات المتبقية هناك معادلة يطلق عليها معادلة التحلل النووي وهي تأخذ الشكل التالي:

$$N(t)=N_0e^{-\lambda t}$$

حيث $N(t)$ تمثل عدد الأنوية المشعة المتبقية عند الزمن t.

N_0 العدد الأصلي للأنوية.

λ ثابت التحلل Decay Constant وهو يعطى بالعلاقة $\lambda=0.693/T_{1/2}$ ووحداته(وحدة زمن$^{-1}$).

و t هي الزمن الحالي.

6-3-2. نواتج تفكك النظائر المشعة

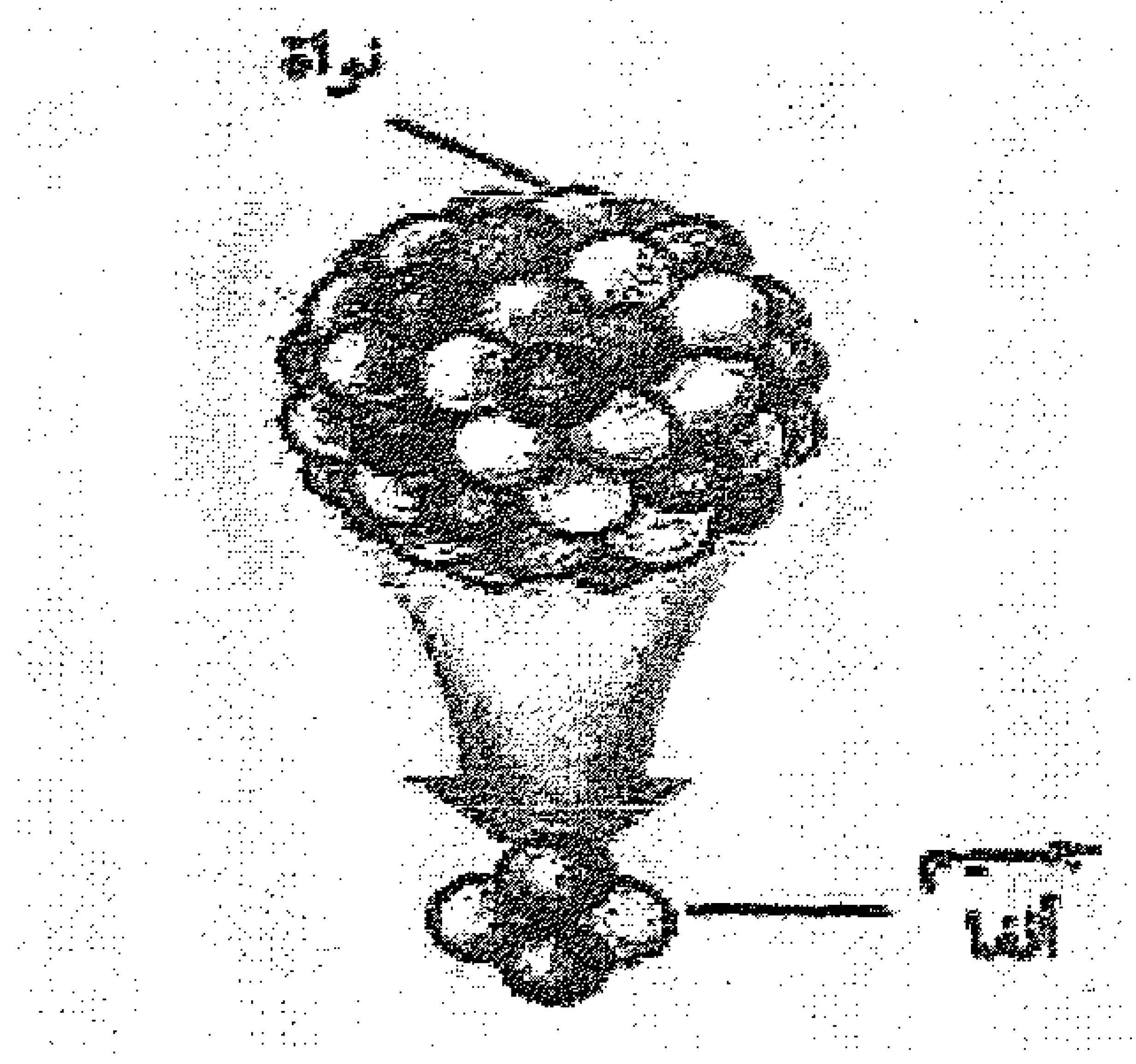
ينتج عن تفكك النظائر المشعة العديد مـــن الجســـيمات المشـــعة والاشـــعة والجسيمات المشحونة وغير المشحونة من اهم تلك النواتج:

أولاً: جسيمات الفا Alpha particles

وهى عباره عن نواة ذرة الهيليوم وهى موجبة الشحنة (تحتوى على عـــدد2 بروتون و2 نيوترون) وهي تحمل شحنة كهربائية موجبة، وتســـاوي كتلتـــه كتلـــة 7300 إلكترون. وتنطلق جسيمات ألفا عن نوى بعض الذرات النشـــطة إشـــعاعيًا، وتصبح معظمها في النهاية مكونة من إلكترونين فقط متحولة إلى ذرات هيليوم.

وقدرتها على النفاذيه فهى ضعيفة حيث يمكن امتصاصها بورقـــة اوحجبهـــا برقيقة من الألمونيوم سمكها 0.06 ملم.

وهى تمتاز بقوه التاين للوسط الذى تمر فيه مما يشكل خطرا على الإنسان اذا تمكنت من الدخول للجسم.



جسيمات ألفا. تتكون من بروتين ونيوترونين تعمل كلها جسيمًا واحدًا. وعندما تبث نـــواة ذرة مشـــعة جسيم ألفا تفقد بروتونين ونيوترونين.

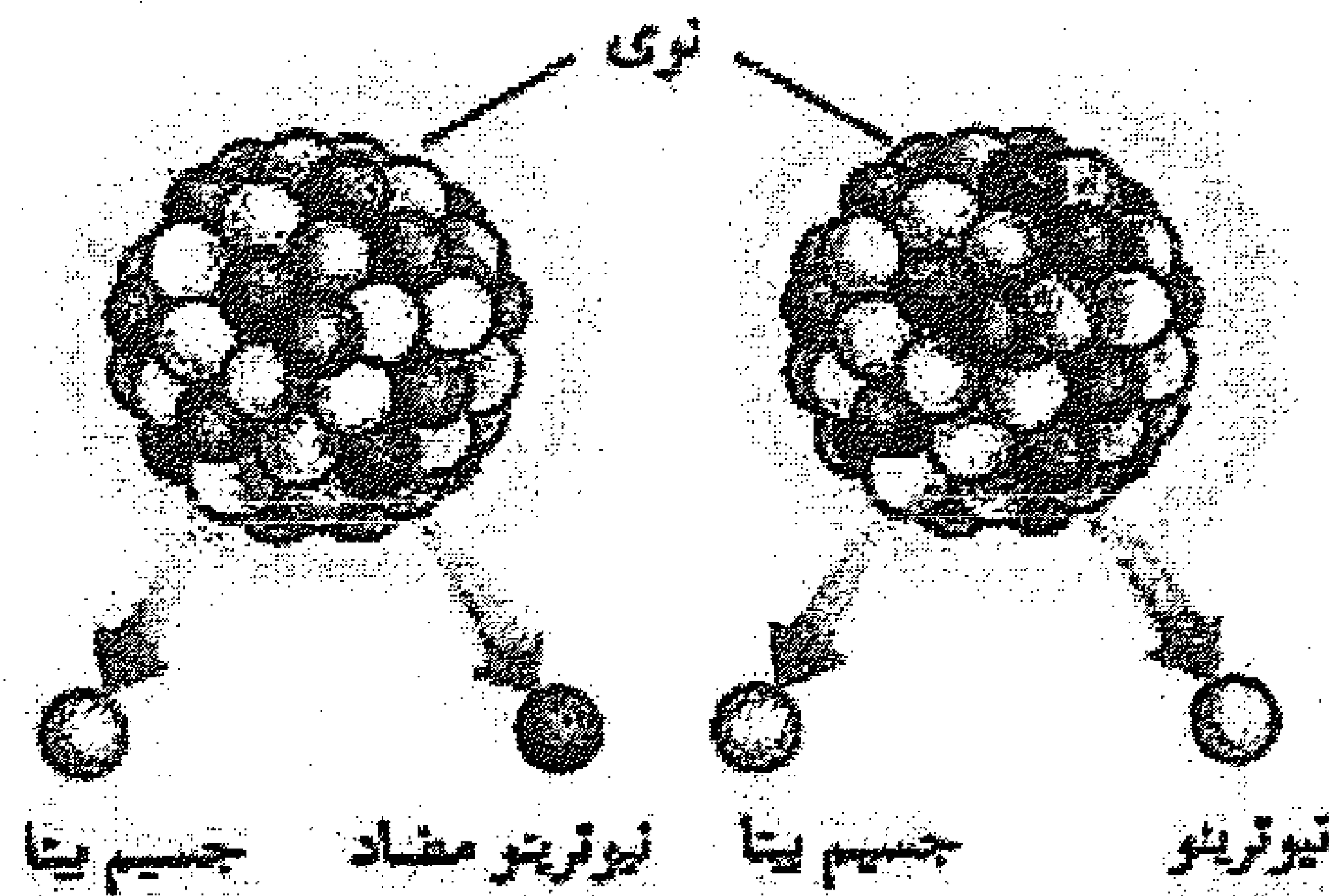
اشعه بيتا Beta Particles :

هذه الجسيمات إلكترونات، وتنتج معظمها عندما تتعرض ذرة نشطة إشعاعيًا إلى تحول نووي. وفي العملية يتغير نيوترون في نواة الذرة إلى بروتون وينطلق جسيم بيتا.

ومعظم جسيمات بيتا سالبة الشحنة، ولكن بعضها موجبة الشحنة، وتسمى البوزيترونات، حيث ينتج البوزيترون عندما يتحول بروتون إلى نيوترون. والبوزيترونات أحد أشكال **المادة المضادة**، وهي مادة تشبه المادة العادية، غير أن شحنتها معكوسة. وعندما يصطدم البوزيترون بإلكترون سالب الشحنة يدمر كل من الجسيمين الجسيم الآخر، وينتج عن ذلك فوتونان او ثلاثة فوتونات من أشعة جاما.

ويصاحب إشعاع بيتا جسيمان صغيران آخران هما **النيوترينو والنيوترينو المضاد**. فعندما تنتج النواة بوزيترونًا، تطلق أيضًا جسيم نيوترينو، والذي لا يحمل أي شحنة، وكتلته غير محددة، وعندما تولد النواة جسيم بيتا سالب الشحنة وتطلقها، تطلق معه أيضًا جسيم نيوترينو مضاد، وهو الشكل المضاد للنيوترينو،وقدرة اشعة بيتا على النفاذية والاختراق مائه مرة قدرة جسيمات الفا فنحن بحاجة إلى رقيقة من الألمنيوم سمكها 3 ملم لحجبها.

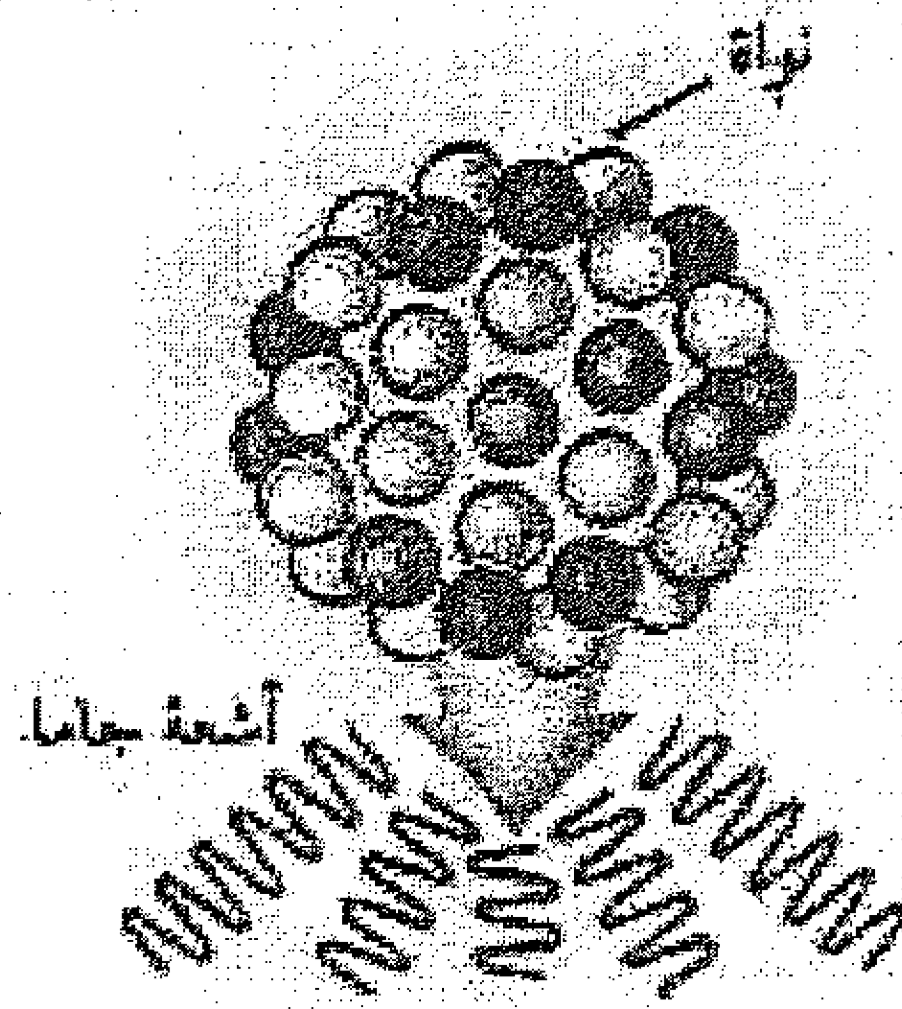
اما قوه التاين فهى ضعيف بالمقارنة بجسيمات الفا وسرعتها تقريبا تمثل واحد من عشره من سرعه الضوء.



جسيمات بيتا. إلكترونات عالية السرعة تُطلق من نوي بعض العناصر المشعة. وقد تكون جسيممات بيتا سالبة او موجبة. وعندما تطلق النواة جسيم بيتا سالب الشحنة، تطلق معها أيضاً نيوترينو مضاد.

أشعة جاما Gamma Rays:

عباره عن موجات كهرومغناطيسيه ذات طاقه عاليه لها قدره عاليــه علــى النفاذ وتزداد بزياده طاقتها سرعتها تقريبا تعادل سرعه الضوء. تقاس طاقة الأشعة بوحدة تدعى " المليون إلكترون فولط ". ولحجبها نحتاج صفيحة من الحديد سـمكها 30سم.وهكذا فإن مقدرة المواد على إضعاف الأشعة او حجبها مختلف.

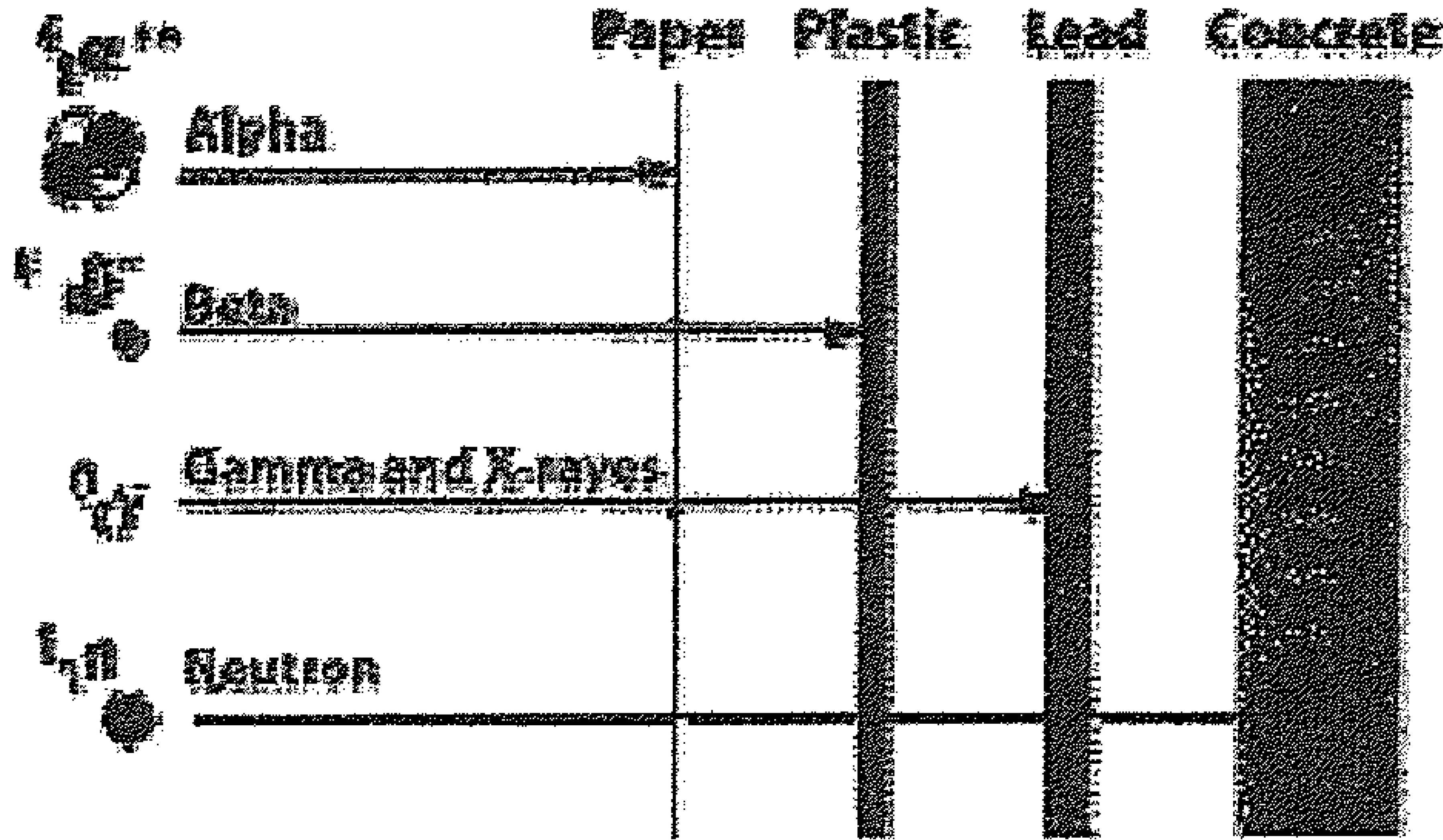


أشعة جاما. جسيمات من طاقة كهرومغنطيسية تسمى الفوتونات. تُطلق أشعة جاما عندما تكون النواة في حالة طاقة عالية بعد الانحلال الأشعاعي. وتنتقل أشعة جاما بسرعة الضوء.

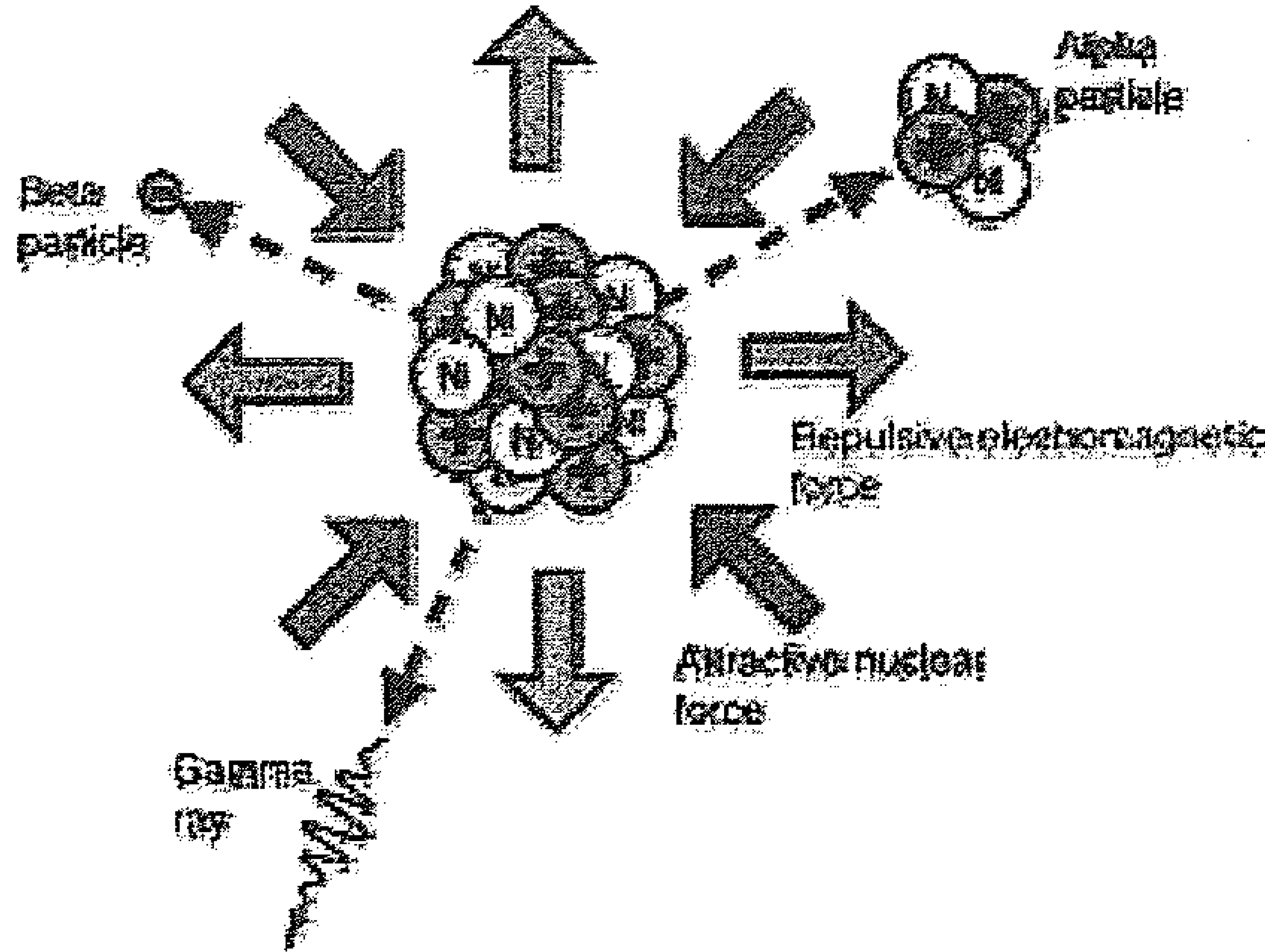
البروتونات والنيوترونات:

النيترونات عبارة عن جسيمات غير مشحونة كهربيا، تنطلـق مـن النـوي الذرية وتنتج ايضا من داخل المفاعلات النووية عن انقسام نوي اليورانيوم ويمكنها تايين الذرات بصورة غير مباشرة.

وتبلغ كتلة كل من البروتون او النيوترون كتلة 1850 إلكترونًا تقريبًا، ولكن كتلة النيوترون أكبر قليلاً من كتلة البروتون. والإشعاع النيوتروني أكثر شيوعًا من الإشعاع البروتوني، الذي ينتج في الطبيعة نادرًا.

صورة تبين قدرة اختراق انواع الاشعة المختلفة



صورة تبين القوى النووية الجاذبة بين البروتونات والنيوترونات وقوى التنافر بين البروتونات وكذلك أنواع النشاط الإشعاعى النووى مثل إشعاعات جاما وجسيمات ألفا

6-4. الجرعة الأشعاعية (Radiation Dose)

نفرض أن هناك مصدراً مشعاً يبعث أشعة γ-، وكمثال على ذلك المصدرالمشع السيزيوم 137(^{137}Cs) الذي يبعث أشعة γ-بطاقة أحادية مقدارها $E_\gamma = 662$ keV وله نصف عمر زمني قدره 30 سنه. فإذا وضعت كتلةً من الماء على شكل مكعب في مسار هذه الأشعة ولمدة معينة فستحصل تغيرات في هذه العينة من الماء.

هذه التغيرات ناشئة بسبب امتصاص كتلة الماء جزءاً من الطاقة الساقطة عليها في خلال تلك الفترة الزمنية. وبمعنى آخر وبكلمات أكثر وضوحاً نستطيع أن نعبّر عن ذلك بأن مكعب الماء قد أخذ جرعة إشعاعية. وعلى هذا الأساس يمكن تعريف الجرعة الأشعاعية بأنها الطاقة الممتصة من الشعاع الساقط لكل وحدة كتلة من المادة.

أما إذا كان الوسط الماص هو الهواء فلا تسمى بالجرعة الممتصة ولكن تعرف بالتعرض الأشعاعي.

وحدات الإشعاع (Radiation Units):

لأي كمية فيزيائية وحدات و أبعاد تصفها. فالوحدات هي التي تعطي تصوراً عن طبيعة هذه الكمية. ولابد من الأخذ في الاعتبار نظام هذه الوحدات فالأنظمة المتبعة -غالباً- في الوحدات هي النظام الدولي للوحدات SI ونظام cgs، فلا يخلط بين نظامين او أكثر في عملية حسابية واحدة.

والجدول التالي يبين بعض وحدات الاشعاع ومقدارها المستخدمة في النظام الدولي.

جدول 6-4

الكمية الأشعاعية	الوحدات (النظام الدولي SI)	مقدارها
طاقة الشعاع	الجول J	$1J=6.2422\times10^{18}$ eV
النشاط الأشعاعي	الكوري Ci ، وقد استبدلت بوحدة أصغر منها وهي البيكرل Bq	$1Ci=3.7\times10^{10}$ اضمحلال في الثانية 1Bq=1 اضمحلال في الثانية
الجرعة الممتصة	الراد rad ، وقد استبدلت بوحدة أكبر منها وهي الجراي Gy	1rad=100 erg/g=0.01 J/kg 1Gy=100 rad=1 J/kg
التعرض الأشعاعي	الرونتجن R	$1R=2.58\times10^{-4}$ C/kg في الهواء
الجرعة المكافئة	الرم rem ، وقد استبدلت بوحدة أكبر منها وهي السيفرت Sv	1 rem=1rad 1 Sv =100 rad = 1 Gy

بعض الإشعاعات النووية:

الإشعاع النووي	رمزه
جسيمات الفا Alpha Particles	•
جسيمات بيتا (السالبة او الموجبة) Beta Particles	
النيوترونات Neutrons	n
البروتونات Protons	p
أشعة جاما Radiation Gamma	γ

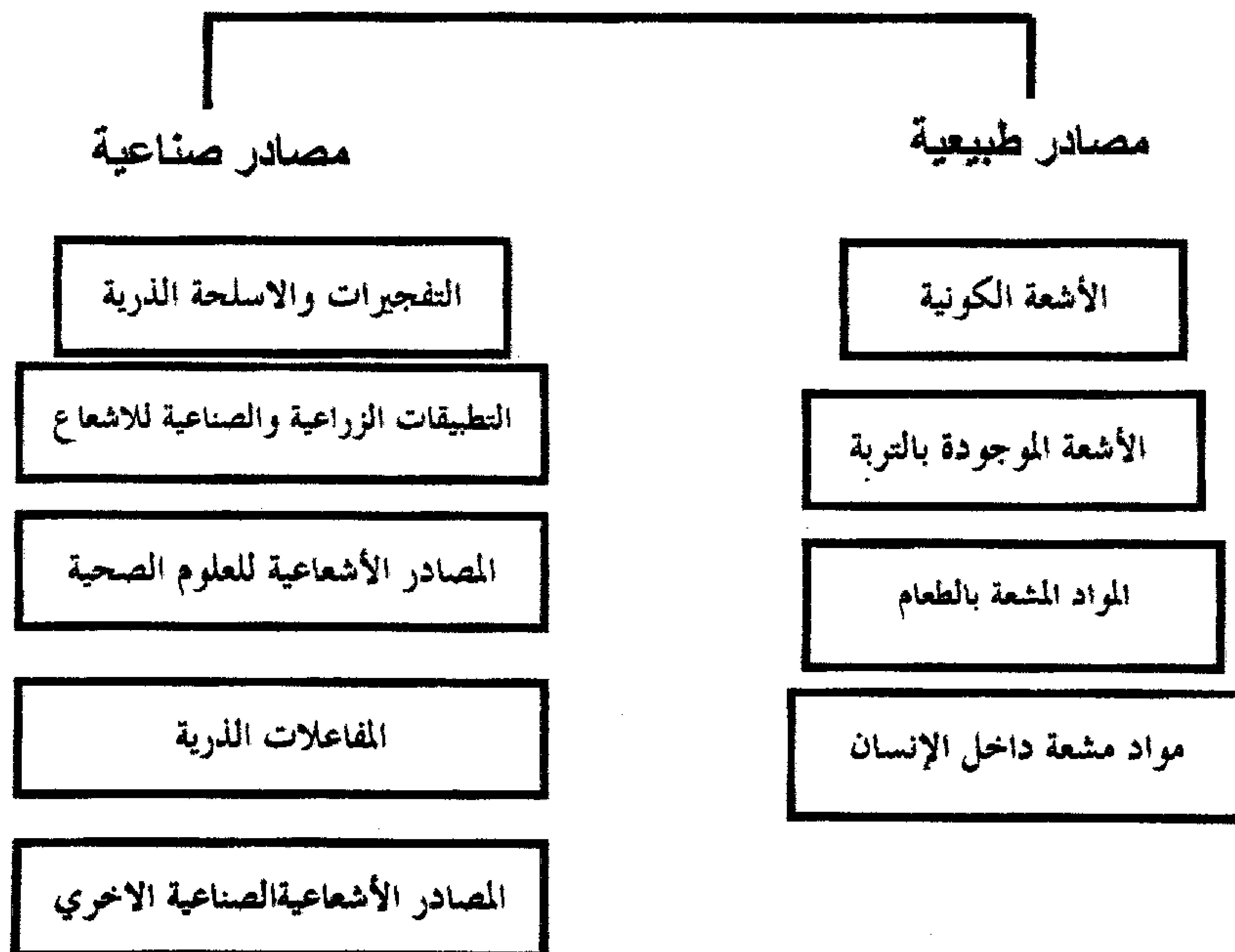
ومما لا يدركه البعض أننا قد نتعرض للإشعاع خصوصاً المؤين منه من بيئتنا التي نعيش فيها وذلك عن طريق الهواء الذي نستنشقه او الماء الذي نشربه والطعام الذي نأكله. حيث يوجد البعض من العناصر المشعة مثل البوتاسيوم Potassium (K) والرادون Radon (Rn).

والراديوم Radium (Ra) إلى ما غير ذلك من المصادر التي ربما كان للإنسان سبباً في وجودها. وعلى هذا فيمكننا تقسيم الإشعاع المؤين إلى قسمين، إشعاعات طبيعية وإشعاعات صناعية. وقد أصبح لهذه الإشعاعات (النووية والذرية) تطبيقات واسعة في مجالات عديدة منها الصناعي مثل صناعة الأسلحة وحفظ الأغذية، ومنها الطبي بفرعيه التشخيصي والعلاجي ومنها الزراعي حيث تحسين المحاصيل الزراعية. وجميع هذه التطبيقات تعتمد على تفاعلات الأشعة المؤينة التي تحدث في المادة. والكائن الحي معرض للمجال الأشعاعي المؤين عن طريق المصادر الأشعاعية خصوصاً الطبيعي منها وبالتالي سيتعرض لجرعات إشعاعية دون الشعور بذلك ولذا وجب معرفة كمية الإشعاع المؤين وذلك عن طريق قياس وتحديد هذه الجرعات باستخدام الأجهزة والكواشف الأشعاعية الخاصة بذلك. وعلى الرغم من انتشار استخدام الأشعة المؤينة إلا أن لها أضراراً

بالغة في الخطورة منها الداخلي ومنها الخارجي وقد يتطور الضـــرر الأشــعاعي ويؤدي إلى استثارة الخلايا السليمة وتحولها إلى خلايا سرطانية او ربما أدى إلـــى موتها وتلفها.

6-5. مصادر التلوث بالمواد المشعة

تشمل مصادر التلوث الأشعاعي مصادر طبيعية وأخرى ناتج عـــن أنشـــطة الإنسان، وتضم الإشعاعات الطبيعية الاشعة الكونية وأشعة اكس ألا رضيه وأشعة جاما المنبعثة من الصخور والبوتاسيوم المشع. أما المصادر الناتجة عـــن أنشـــطة الإنسان فتشمل أشعة اكس والادوية المشعة المستخدمة في المجالات الطبية والمواد المشعة المستعملة في العلوم البيولوجية، بالاضافه إلـــى الاشـــعة الصـــادرة مـــن المفاعلات النووية والاسلحة النووية والاجهزة الاليكترونية.



شكل 6-2 مصادر التلوث الأشعاعى

(اولا) المصادر الطبيعية للتلوث الاشعاعي:

تشمل المصادر الطبيعية ما يلي:

1- الاشعه الكونية

2- الإشعاعات الناتجة من التربة

3- المواد المشعة الموجودة في الطعام وداخل جسم الإنسان.

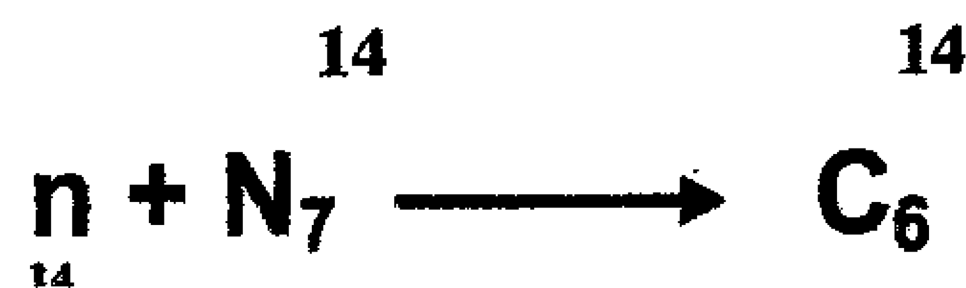
1- الاشعه الكونية:

وهي الأشعة التي تفد إلينا من الفضاء الخارجي ومصدرها المجرات والشمس، وتقسم إلى ثلاثة أنواع:

- الأشعة الكونية الاولية: وتتألف من 87 % بروتونات و 12 % جسيمات ألفا و1 % نوى عناصر ثقيلة مثل الكربون والأكسجين والنتروجين والكالسيوم والحديد، وتتواجد على ارتفاع 50 كم فأكثر وتقل كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض.
- الأشعة الكونية الثانوية: وهي نتاج تفاعل الأشعة الكونية الاولية مع الغلاف الجوي للأرض، وتتألف من فوتونات وإلكترونات و بروتونات ونيترونات، وتزداد كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض، فهي تتواجد على ارتفاع 20 كم فأقل. وفيما بين هذين الارتفاعين نجد خليطاً من نوعي الأشعة.
- الأشعة الشمسية: وهي عبارة عن بروتونات تتدفق خارجة من الشمس عقب انبعاث توهجات نيرا نية تظهر على هيئة لسان كبير من سطحها، جزء من هذه الأشعة تكون طاقته كبيرة بحيث تكفي لإحداث تغيرات على سطح الأرض يمكن كشفها.

وتجد الاشاره إلى أن الغلاف الجوي يعتبر حاجزا واقيا من الاشعه الكونية، ويتكون في الغلاف الجوي بعض المواد المشعة نتيجة تفاعل مواد أخرى مع

مكوناتها، حيث يتكون الكربون 14 المشع مثلا نتيجة تفاعل الاشعه الكونية مع النيتروجين 14 كما توضح المعادلة الاتية:



$$n + N_7^{14} \longrightarrow C_6^{14}$$

وينتشر الكربون 14 المتكون في الغلاف الجوي حتي يصل الي سطح الأرض فيدخل في تركيب جميع الكائنات الحية. وتعرف نتائج هذه التفاعلات التي تؤدي الي تكون مثل هذه النظائر المشعة بالأشعة الكونية الثانوية.

وتعتمد الجرعة الأشعاعية المتلقاة من الأشعة الكونية الاولية علي عدة عوامل اهمها:

أ- الارتفاع والانخفاض عن مستوي سطح البحر، ختلف كمية الإشعاعات الكونية باختلاف ارتفاع المكان عن سطح البحر وباختلاف الموقع الجغرافي، حيث يقل مقدارها في الأماكن القريبة من سطح البحر، وتزداد كلما ارتفعنا عنه، فنجد كلما ارتفعنا عنه بمقدار عشرة آلاف قدم كلما تضاعف مقدار الاشعه الكونية ثلاث مرات.

ب- الموقع الجغرافي والمقصود منه القرب والبعد عن خط الاستواء فتزداد الجرعة الأشعاعية كلما ابتعدنا عن خط الاستواء

الإشعاعات الناتجة من التربة:

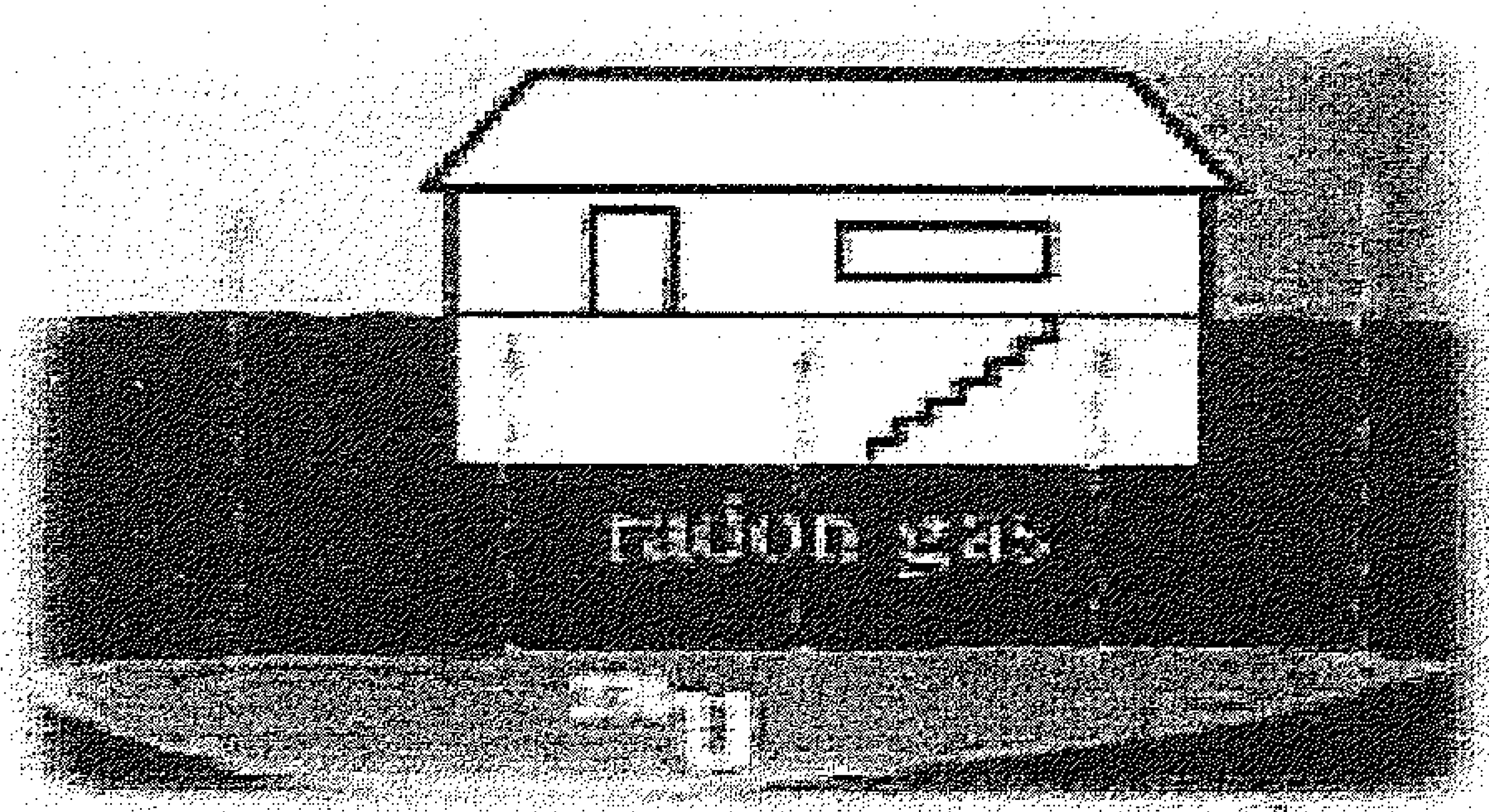
تحتوي القشرة الخارجية للكرة الأرضية على كميات ضئيلة من عناصر مشعة، مثل اليورانيوم والثوريوم، ويختلف تركيز العناصر المشعة بالتربة باختلاف نوعها، فنجد أن تركيزها يزداد بالصخور الجرانيتيه ويقل في التربة الرملية.

وتحتوي القشرة الأرضية علي سلاسل اشعاعية طبيعية، الاولي تبدأ باليورانيوم -238 والثانية تبدأ باليورانيوم -235 والثالثة تبدا بالثوريوم - 232. وفي كل سلسلة تضمحل النواة الاولية متحولة الي نواة عنصر اخر باطلاق

اشعاعات جسيمية (مثل الفا او بيتا اوبوزيترونات)، ومن ثم تضمحل النواة الثانية الي نواة ثالثة بنفس الطريقة وهكذا.

كما ان التربة تحتوي على نظائر مشعة لا تنتمي لهذة السلاسل مثل البوتاسيوم -40 والربيديوم -87 والكالسيوم -40 المشع وغيرها. وجميع هذه النظائر تطلق اشعات وبشكل طبيعي يعرض لها الكائنات الحية علي سطح الأرض وفي داخلها كما هو الحال في المناجم.

وتتكون الإشعاعات الصادرة من التربة أساسا من إشعاعات جاما، حيث تمتص ألفا وبيتا داخل القشرة الخارجية للتربة.



صورة تبين تحلل اليورانيوم وانطلاق بنات الرادون من التربة

3- المواد المشعة الموجودة في الطعام وداخل جسم الإنسان:

توجد بعض العناصر المشعة الطبيعية مثل الكربون 14 والبوتاسيوم 40 في طعام الإنسان وداخل جسمه. ويوجد بجسم الإنسان أيضا الراديوم 226 والبولونيوم 210 والاسترونشيوم 90. وتختلف كمية ألاشعاع من عضو لاخر بجسم الإنسان، فمثلا تزداد كمية الإشعاعات الطبيعية في الرئة عنها في نخاع العظام، وتجدر الاشاره إلى أن رئات المدخنين تحتوي على قدر اكبر من المواد المشعة وذلك بالمقارنة برئات غير المدخنين، ويعتبر ارتفاع نسبة المواد المشعة في رئة المدخن من أهم أسباب الاصابة بسرطان الرئة.

(ثانيا) الإشعاعات المستخدمة او الاصطناعية:

تستخدم الاشعة صناعيا في المجالات الاتية:

- الإشعاعات المستخدمة في مجال العلوم الصحية والطبية
- التطبيقات الزراعية والصناعية للاشعاع
- الاستخدام داخل المفاعلات النووية
- انتاج ألاسلحة النووية
- مصادر أخرى

1- الإشعاعات المستخدمة في مجال العلوم الصحية والطبية:

تستخدم الاشعه السينية أو النووية في مجال تشخيص الأمراض وعلاجها، كما تستخدم ألادويه التي تحتوي على عناصر ضئيلة في علاج بعض الأمراض مثل التسمم الدرقي الذي يستخدم اليود المشع في علاجه.

وتشير الدراسات إلى أن استعمال ألادوية المشعة يتزايد عاما بعد عام، ولذلك فان هذه ألادويه تعتبر مصدرا هاما من مصادر تعرض الإنسان للإشعاع.

كما تستخدم الاشعاعات والنظائر المشعة في علاج بعض الامراض السرطانية او وقف نموها.و تستخدم الاشعاعات استخداما واسعا لتعقيم الأدوات والمعدات الطبية التي يصعب تعقيمها بالبخار او الحرارة او التي يمكن ان تتأثر بالمواد الكيميائية المعقمة. وتستخدم لهذا الغرض اشعة جاما الصادرة من كوبلت 60 والتي لها قدرة وطاقة هائلة على قتل الخلايا الميكروبية المسببة للاورام من بكتريا وفيروسات وطفيليات ضارة تلوث المنتجات والأدوات الطبية.ولهذه العملية عدة مزايا اهمها:

1. قلة التكلفة بالمقارنة بالطرق الاخري مثل البخاراو الحرارة.
2. امكانية التعقيم للادوات والمعدات بعد تغليفها مما يزيد من مدة الحفظ بعد التعقيم.

3. لا تؤدي هذه الطريقة لرفع درجة حرارة المعدة او الاداة مما يمكن من تعقيم المواد والادوات الحساسة للحرارة مثل البلاستيك والمواد العضوية.
4. امكانية اجراء هذه الطريقة بطرق الية بسيطة حيث يعتبر زمن التعرض هو العامل الوحيد في العملية.

2- التطبيقات الزراعية والصناعية للاشعاع:

تستخدم الاشعاعات والنظائر المشعة الان في مجالات الزراعة والصناعة لاغراض عديدة منها علي سبيل المثال:

1- استخدام عملية التحليل التنشيطى بالنيترونات للتحقق من كفاءة التكرير الاولى فى صناعة البترول.
2- استخدام الإشعاع فى عملية اكتشاف آبار البترول والمناجم والثروات المعدنية الأخرى مثل الحديد، النحاس، النيكل، الرصاص، الفحم، الزنك.
3- الأستخدام الإشعاعى فى تحضير واستنباط أغشية صناعية من البوليمرات المختلفة وذلك لإمكانية استخدامها فى بعض التطبيقات الصناعية المتقدمة، ونذكر منها المبادلات الأيونية التى تستخدم كفواصل وعوازل للبطاريات، كذلك تصنيع انصاف الموصلات الكهربائية فى مجال صناعةالأجهزة الإلكترونية.
4- إنتاج مواد بوليمرية وألياف صناعية ومطاط لها صفات وظيفية معينة وذلك لإمكانية استخدامها فى المجالات الصناعية المختلفة.
5- استنباط مستحلبات بوليمرية محبة للماء بغرض استخدامها كمواد لاصقة تخدم وتحمى البيئة.
6- تطوير مواد مطاطية جديدة باستخدام تكنولوجيا التشعيع تقدم فوائد بارزة للصناعات على مستوى العالم، وهى التكنولوجيا المسماة " تقسية إشعاعية للمطاط الطبيعى ".

7- استخدام الحزم الإلكترونية لبدء عملية التقسية (الفلكنة)، وهى عملية تحدث جزيئات مترابطة كيميائياً، مما يؤدى إلى إنتاج مطاط يتميز بالمرونة والقوة، وتتميز هذه الطريقة بعدم إنتاج مواد النيتروز أمين amine Nitrose المحدثة للسرطان مع عدم إنتاج أكاسيد للكبريت والزنك الملوثة للبيئة.

8- المعالجة الأشعاعية لأسطح المواد باستخدام معجلات الإلكترونات ذات الطاقة المنخفضة، حيث تستخدم حالياً المعالجة غير الحرارية بالحزم الإلكترونية ذات الطاقة المنخفضة فى تكنولوجيا الأسطح دون استخدام مذيبات مما يؤدى إلى حماية البيئة.

9- إنتاج كابلات مقاومة للحرارة بإحداث الترابط المتصالب "Cross Linking" لعزل الكابلات.

10- إحداث الترابط المتصالب على سطح الورق لإنتاج صفائح ذات ضغط عال Continuous pressure laminate فى المسطحات الكلية.

11- المعالجة المسبقة لنشارة الخشب بالإلكترونات السريعة عالية الطاقة الأمر الذى يساعد على الاقتصاد الهائل للطاقة اللازمة لتكوين العجينة Pulping، ومن أهم مزايا هذه العملية إلى جانب كونها اقتصادية فى التصنيع، أن الإقلال من استخدام الكيماويات يترجم إلى انبعاث أقل من الملوثات الكيميائية وهو عامل بالغ الأهمية بالنسبة للاتجاه نحو قواعد صارمة للحفاظ على البيئة.

12- تستخدم المصادر المشعة، وكذا مصادر أشعة جاما فى قياس سمك الصفائح المعدنية وقياس منسوب الموانى والخزانات وقياس كثافة المواد المنقولة عبر الأنابيب العملاقة والكشف عن تسرب السوائل من الأنابيب، وكذلك تستخدم النظائر المشعة فى اقتفاء الأثر مثل مواقع التسرب من أنابيب النفط او المياه.

13- إنتاج الهيدروجيلات المدعمة على مواد بوليمرية، حيث أمكن استخدام الإشعاع فى استنباط وتحضير هيدروجيلات مناسبة ومدعمة، تحتوى على

مواد بوليمرية مختلفة ذات خواص ميكانيكية وكيميائية مناسبة، وذلك يمكن من استخدامها فى التكنولوجيا الحيوية وفى المجالات الطبية مثل:

* صناعة الدواء وتوصيله تحت التحكم وتأثره بالوسط المحيط وهذا يخدم المرضى المحتاجين لعلاج طويل المدى مثل مرضى السكر.
* تدعيم بعض أنواع الإنزيمات والخلايا الحية التى لها أهمية كبرى فى مجال التشخيص والعلاج.
* صناعةالأجهزة التعويضية مثل الاوردة والشرايين وصمامات القلب.
* الأستخدام فى مجال الغسيل الكلوى بالأغشية الصناعية الحيوية.

14- حفظ الأغذية بالإشعاع.

15- معالجة تلوث أعلاف الحيوانات والدواجن بالميكروبات المرضية والفطريات المفرزة للسموم الفطرية.

16- استحداث طفرات محصولية جديدة عالية الإنتاج ومقاومة للآفات باستخدام الإشعاع.

17- استخدام الإشعاع فى تنمية الثروة الحيوانية.

18- تعقيم الحشرات بالإشعاع للقضاء على الأنواع الضارة منها.

19- استحداث طفرات ميكروبية ذات قدرة عالية على إنتاج مركبات ذات أهمية اقتصادية مثل الفيتامينات والإنزيمات والمضادات الحيوية والأحماض العضوية والأحماض الأمينية الأساسية والكحوليات والسكريات العديدة Polysaccharides.

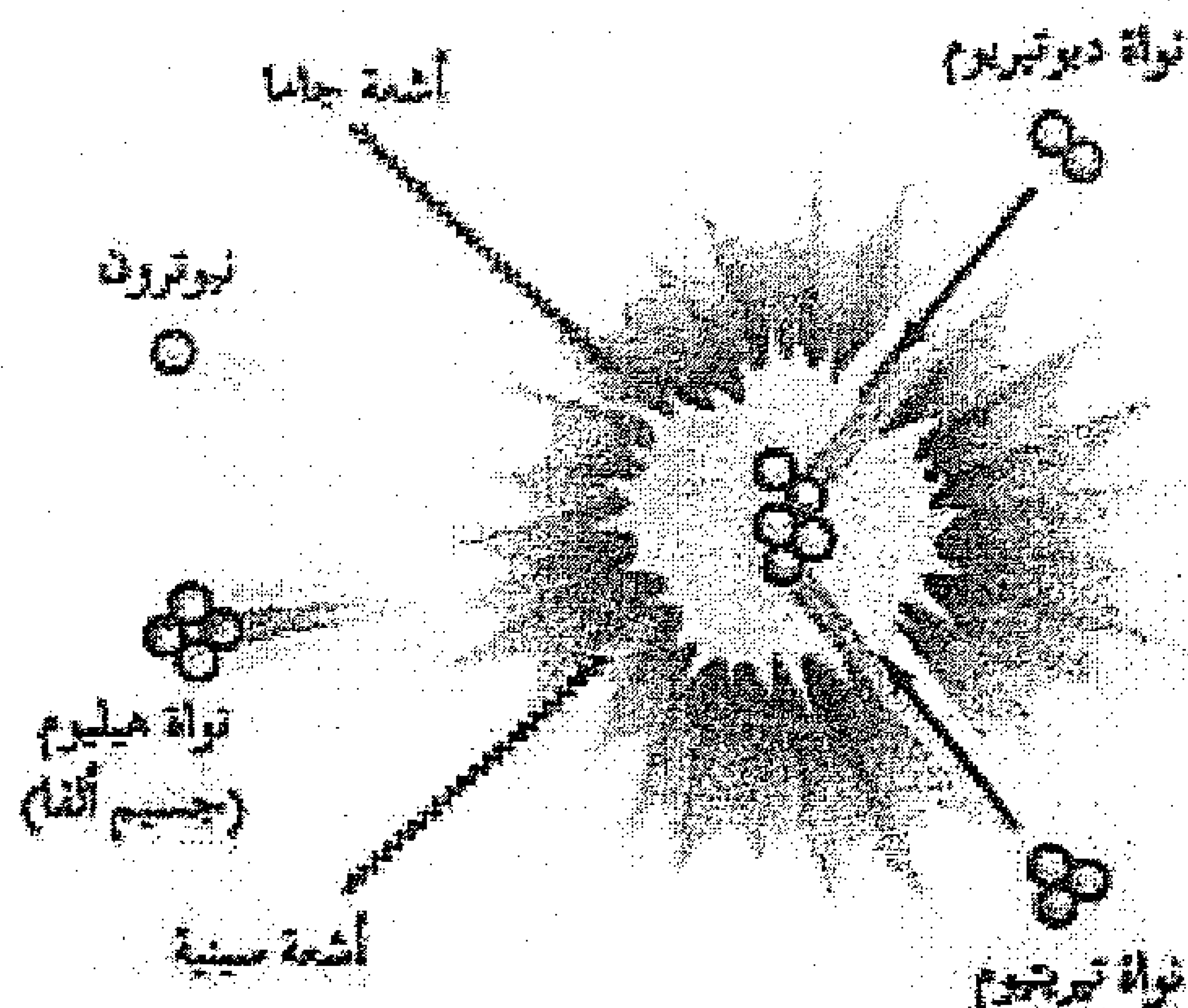
20- استخدام التقنيات النووية فى تنمية الثروة المائية. كذلك فى زراعة الصحراء وذلك عن طريق استخدام الإشعاع فى استنباط وتطوير سلالات من النباتات الملائمة للظروف الصحراوية من حيث مقاومتها للجفاف والملوحة ونوعية التربة.

21- تحديد عناصر تغذية النبات حيث تستخدم النظائر المشعة فى الدراسات التــى تتعلق بتسميد النبات وتحديد كميات الأسمدة الضرورية له وهذا أفاد كثيرا فى ترشيد استخدام الأسمدة الكيماوية.

3- الاستخدام داخل المفاعلات النووية:

بعد اكتشاف الانشطار النووي، أقيم اول مفاعل نووي في عــام 1942، ثــم أعقبه مشروع مأنهاتان بإنشاء اول أسلحه ذرية، وذلك في نهاية الحــرب العالميــة الثانية. ولقد استخدمت المفاعلات النووية، وما زالت تستخدم، لتوليد الطاقة، وينجم عن استعمال هذه المفاعلات تلوث البيئة بالإشــعاع، وبخاصــة البيئــة المحيطــة بالمفاعلات، وقد ترتفع نسبة التلوث البيئي ارتفاعا كبيرا بسبب حــوادث انفجــار المفاعلات النووية، مثل حادث انفجار تشرنوبل النووي.

تنقسم المواد المتسربة من المفاعلات النووية بسبب الحوادث إلى مواد طياره وأخرى غير طيارة، وتمثل المواد الطيارة المشعة، مثل اليود والترتيوم والأجــزاء المتناثرة من عنصر البلوتونيوم، خطورة على الإنسان، حيث يستنشق المواد المشعة مع هواء البيئة الملوث.

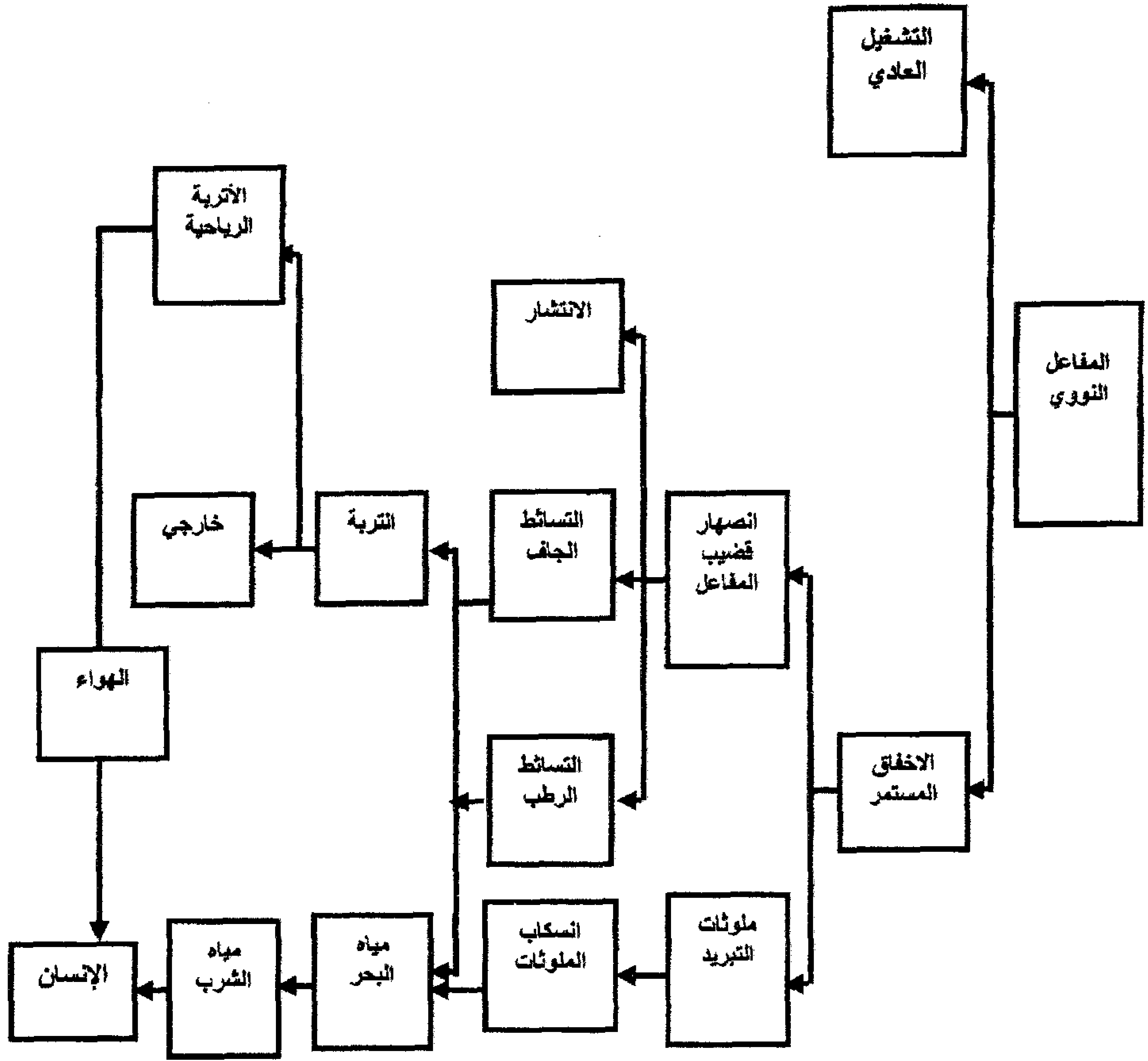


صورة تبين الاندماج النووي

لقد نجح العلماء في ترويض الانشطار النووي لإنتاج الطاقة الحرارية مستخدمين في ذلك ما نسميه بالمفاعل النووي. وتبني المفاعلات النووية الإنشطارية بأشكال كثيرة متعددة، تختلف باختلاف الغرض الذي من أجله بنيت.

منها علي سبيل المثال لا الحصر.. مفاعلات للأبحاث واستغلال النشاط النيوتروني في دراسة الأنوية وتفاعلاتها.. وأخرى تبنى لاستغلال الطاقة الحرارية لتوليد الكهرباء.. ومنها ما يبنى لتوليد النظائر. لذلك لابد من معرفة الهدف أو الغاية من بناء المفاعل وعلي وجه العموم، في جميع الأحوال والأغراض، يتكون المفاعل من مجموعة من المواد صنعت ثم رتبت وجمعت بنظام معين يسمح بإحداث تفاعل نووي انشطاري متسلسل ومستمر مع إمكانية التحكم فيه بدقة بالإضافة إلي إمكانية الاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة والإشعاعات المنبعثة كل حسب الغرض الذي بني المفاعل من أجله.

ويبين الشكل التالي حجم التعرض المحتمل لانبعاثات المفاعلات النووية للوسط المحيط أو القريب ممثلاً بالعمود الهوائي والتربة والمياه أو البيئة البحرية.



شكل6-3 يبين حجم التعرض المحتمل لانبعاثات المفاعلات النووية للوسط المحيط أو القريب ممثلاً بالعمود الهوائي والتربة والمياه أو البيئة البحرية

1- انتاج ألاسلحة النووية:

فجر اول سلاح من ألاسلحة النووية عام 1945 م في هيروشيما ونجازاكي في اليابان، ثم توالت تجارب ألاسلحة النووية بعد ذلك على نطاق واسع حتى عام 1963، حيث أجريت عدة تجارب نووية في الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي والمملكة المتحدة.

ولقد اتفقت القوى الثلاث في عام 1963 على منع إجراء التجارب النووية فوق سطح الأرض، إلا أن هذه التجارب لم تتوقف على المستوى العالمي حيث أجريت في فرنسا والصين تجارب محدودة بعد هذه الفترة.

ولقد استمرت التجارب النووية بعد الاتفاقية التي عقدت بين الدول الكبرى الثلاث، وذلك بأجرائها تحت الأرض بهدف حماية البيئة من التلوث، وبالرغم من هذه الاحتياطات، إلا أن التجارب التي أجريت تحت الأرض اضافت قليلا من الغبار الذري المحمل بالمواد المشعة للبيئة.

من النظائر التي مثلت خطورة على الإنسان على اثر الانفجارات النووية استونشيوم 89 واسترونشيوم 90 وزوركونيوم 95 وروثينيوم 106 وروثينيوم 193 وسيزيوم 134 وسيزيوم 141 وسيزيوم 144.

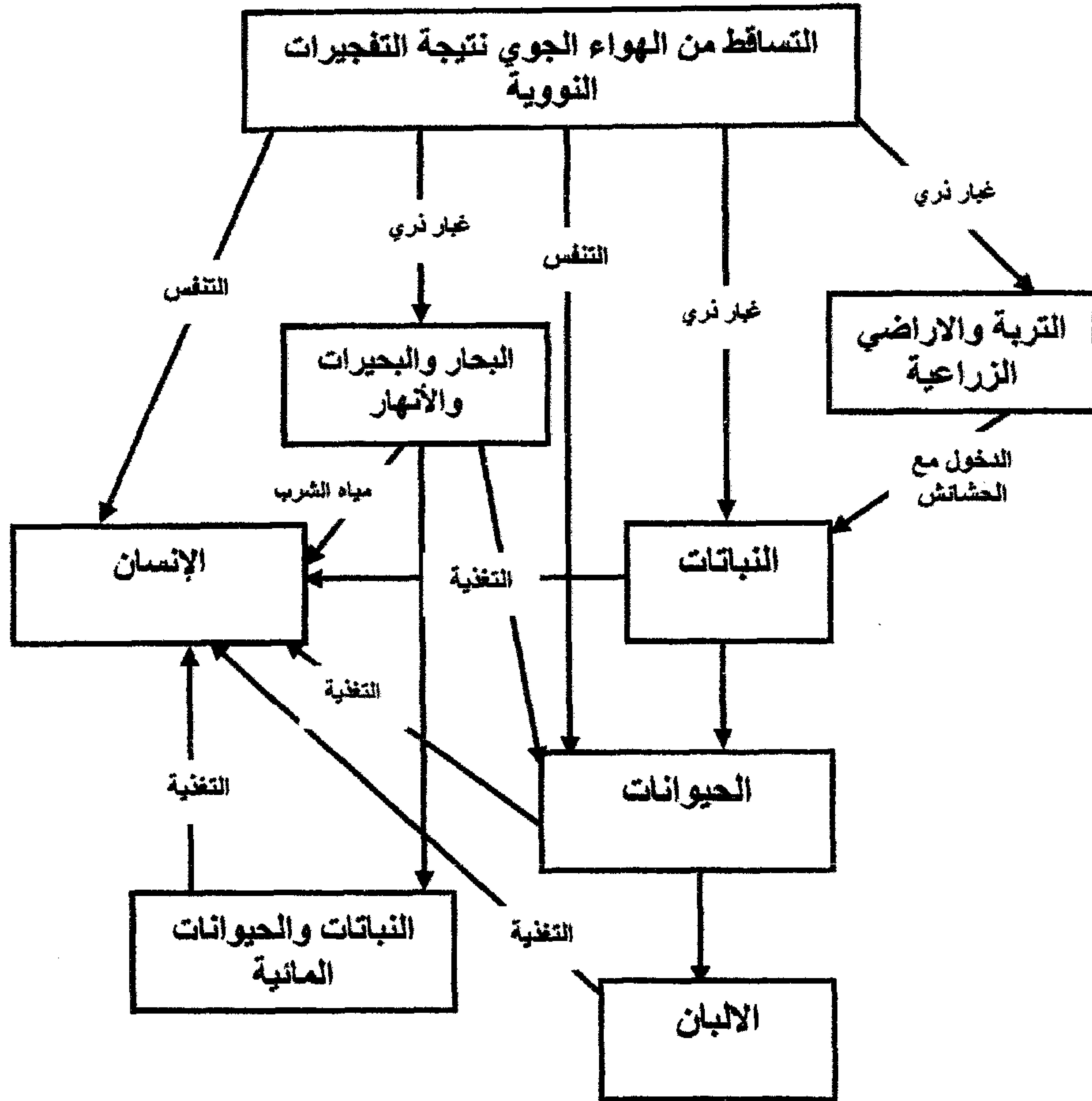
5- المصادر أخرى للاشعاع:

بالاضافه إلى المصادر السابقة، التي تشكل الجزء الأكبر من تلوث البيئة بالإشعاع، هناك مصادر أخرى مثل التلفزيون والكمبيوتر والاجهزة الالكترونية، كما تشمل المصادر الأخرى ماكينات الاشعه السينية المستخدمة في الصناعة الطائرات ورحلات الفضاء، بالاضافه إلى استعمال النظائر المشعة كمصدر لقوة ناظمة إيقاع القلب.

ويبين الشكل التالي كيفية انتقال المواد ذات النشاط الاشعاعي في البيئة ووصولها الي الإنسان، وتتلخص هذه الطرق في الاتي:

- تساقط المواد ذات النشاط الاشعاعي من الهواء الجوي نتيجة التفجيرات النووية في صورة غبار ذري متساقط، وهذا التساقط يصل الي الإنسان بصورة مباشرة عن طريق تنفس هذه الغبار الذري. او بصورة غير مباشرة عن طريق الغذاء من النباتات والحيوانات ومصادر مياه الشرب والكائنات البحرية كالاسماك.
- تساقط المواد ذات النشاط الاشعاعي علي المسطحات المائية من البحاروالمحيطات والأنهار ومنها الي **النباتات والحيوانات المائية ومنها الي الإنسان عبر السلسة الغذائية.**

- تساقط المواد ذات النشاط الاشعاعي علي الاراضي الزراعية ومنهـا الـي النباتات ثم الي الحيوانات البرية من خلال الحشائش.



شكل 6-3مخطط يبين كيفية انتقال المواد ذات النشاط الاشعاعي في البيئة ووصولها الي الإنسان

6-6. الاثأر الحيوية للاشعاعات المؤينة

عند دخول المواد المشعة داخل الجسم عن أي طريق يتم امتصاصها ودخولها في العمليات البيوكيميائية الأساسية ووصول هذه النويدات إلـى الـدورة الدمويـة وسوائل الجسم ويتم توزيعها إلى جميع أنسجة الجسم طبقا للصـفات والخصـائص الكيميائية للعناصر والمركبات التي تكون هذه المواد المشعة. وتتحكم فـي الآثـار الناجمة عن التعرض الإشعاعي الداخلي عوامل كثيرة من أهمها:

- بطئ تطور وظهور الأثر.
- عدم تجانس امتصاص الجرعة الإشعاعية في الأنسجة.
- الفترة الزمنية اللازمة للتحلل الإشعاعي للمادة المشعة لتعطي جرعة متراكمة علي مدى الوقت.
- وكذلك درجة السمية الكيمائية للمادة المشعة ذاتها.

و من أهم العوامل المتحكمة في أثار التعرض الإشعاعي ما يلي:

أ- الخواص الفيزيائية للمادة المشعة وتتضمن عمر النصف، نوع وطاقة الأشعة المنبعثة، الانتقال الخطى للطاقة، الطاقة الممتصة من النسيج الحاوي للمصدر إلى النسيج المستقبل للأشعة.

ب- العوامل البيولوجية للمادة المشعة وانتقال المادة داخل الجسم من عضو إلى أخر، إلى جانب استبقاء المادة المشعة في نسيج معين، والفترة الزمنية لتواجد المادة المشعة داخل الجسم ثم طرق خروج المادة المشعة من الجسم وكذلك عمر النصف البيولوجي إلى جانب عوامل أخرى مثل السن والجنس والأمراض المختلفة.

ويتوقف انتقال المادة المشعة على الدورة الدموية وسوائل الجسم وكذلك الجهاز التنفسي والجهاز الهضمي والتي تحدد آليات وميكانيكية انتقال المادة المشعة من نسيج إلى أخر.

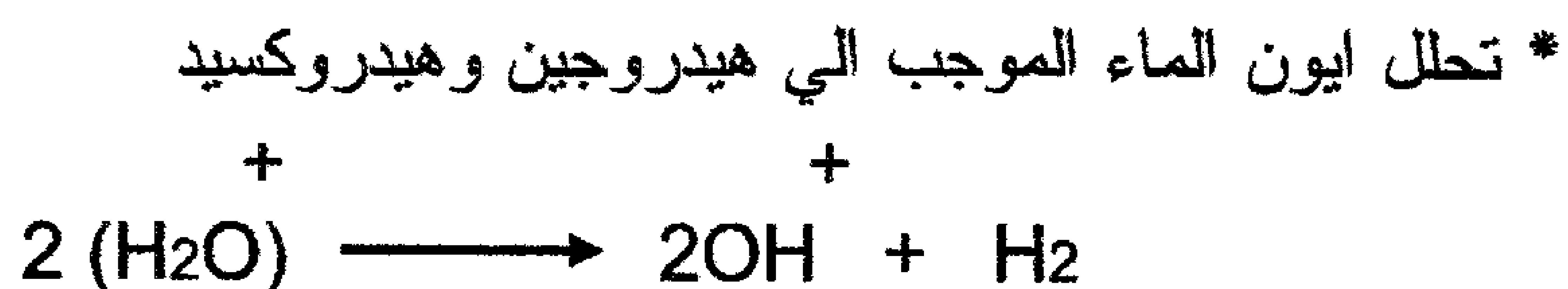
- ومن الأثار الصحية للتعرض الإشعاعي هي التحول السرطاني لبعض الأنسجة التي تتواجد فيها المواد المشعة لفترات طويلة نسبيا ويمر التأثير الإشعاعي بثلاث مراحل اساسية هي:

1- المرحلة الفيزيوكيمائية:

وهذه المرحلة في تطور الإصابة الإشعاعية تخص امتصاص الطاقة الإشعاعية داخل روابط الجزئيات الكيميائية في الخلايا وينتج عن ذلك حدوث توتر

أو تأين لهذه الروابط الفيزيوكيمائية في الجزئيات الموجودة في الحيز البيولـوجي الذي تعرض والذي حدثت فيه عمليات امتصاص للطاقة. وينتج عن ذلك حـدوث تغيرات في أداء وظيفة الجزئيات الكيميائية التي حدث توتر وتأين لروابطها وتسمي تغيرات في الجزئيات. حيث تتفاعل الايونات الموجبة والالكترونات السـالبة مـع جزيئات الماء الاخري فينتج عن هذه التفاعلات عدة مركبات جديدة مثال ذلك:

* تحلل ايون الماء الموجب الي هيدروجين وهيدروكسيد



$$2(H_2O)^{+} \longrightarrow 2OH^{+} + H_2$$

* اتحاد الالكترون مع جزيء ماء مكونا ايون ماء سالب



$$H_2O + e \longrightarrow (H_2O)^{-}$$

* تحلل ايون الماء السالب مكونا هيدروجين وايون هيدروكسيد سالب



$$2(H_2O)^{-} \longrightarrow 2OH^{-} + H_2$$

* اتحاد الهيدروكسيد مكونا فوق أكسيد الهيدروجين

وتعتبر هذه المرحلة الأساس الذي سوف يترتب عليه تطور وظهور ونوعية الإصابة الناتجة من التعرض الإشعاعي. وهذه المرحلة مهمة فيما يخص حـدوث عمليات إصلاح في الجزئيات الكيمائية التي تأثرت بالتعرض الإشعاعي وامتصاص الطاقة الإشعاعية وكذلك تطور الإصابة الإشعاعية ومداها والـذي يحـدد مقـدار وحجم الأثر المتبقي بعد الإصلاح الذي يتم في الجزئيات.

2. المرحلة الكيميائية:

تتميز ايونات الهيدروجين والهيدروكسيل بنشاطهما الكيميائي الشديد كمـا ان فوق أكسيد اهيدروجين عامل مؤكسد قوي، لهذا تتفاعل هذه الايونات مع المركبات

العضوية الاخري الموجودة في الخلية مثل الكروموسومات وتـؤدي الـى اتـلاف المكونات العضوية بالخلية.

تؤثر الإثارة والتأيين على الأنسجة الحية أيضًا. فخلايا الجسم تحتوي علـى جزئيات تترابط الكثير منها معا بإلكترونات. وقد تتفكك هذه الـروابط الكيميائيـة، ويتغير شكل الجزيء، عندما يثير الإشعاع جزئيات الخلايا او يؤينها، ويؤدي مثـل هذا التغيير إلى تعطل العمليات الكيميائية العادية للخلايا، وتصبح الخلايا شـاذة، او تموت.

3. المرحلة البيولوجية:

وفيها تظهر اثار التغيرات الكيميائية التي حدثت في الخلية ومنها موت الخلية نفسها او منع او ايقاف انقسامها او زيادة معدل انقسامها او حدوث تغيرات مستديمة في الخلية تنتقل وراثيا عند انقسام الخلية (عندما يؤثر الإشعاع على جزيئات د ن أ DNA، أي المادة الوراثية في الخلايا الحية، تسبب أحيانًا تغيـرًا دائمًـا يسـمى الطفرة. وفي بعض الحالات النادرة قد تنقل الطفرات الناتجة عن الإشعاع خصائص غير مرغوبة إلى الجيل الجديد. وحتى الفوتونات المنخفضة الطاقة، وخاصة الأشعة فوق البنفسجية من الشمس، قد تسبب تدميرًا عن طريق الإثارة. وإذا كـان تـدمير المادة الوراثية للكائن الحي كبيرًا، تصبح الخلية سرطانية، او تموت أثناء محاولتها الانقسام. ويتوقف التأثير الناتج على القدرة التأيينية للإشعاع والجرعـة المـأخوذة ونوع النسيج المتأثر).

وتجدر الاشارة ان اعضاء الجسم تختلف فيما بينها مـن حيـث الحساسـية للاشعاع فنجد ان اكثر الاعضاء حساسية للاشعاع هي الانسـجة المكونـة للـدم والجهاز الهضمي والجلد والغدد التناسلية.

الجرعة الأشعاعية والإنسان:

- يتعرض الإنسان إلى جرعة إشعاعية تساوى2.4 ميللى سيفرت فى السنة من مصادر طبيعية.
- الجرعة الفعالة المؤثرة لو تناول الإنسان مياه الشرب لمدة عام هى 0.1 ميللى سيفرت وهى تعادل 5 % فقط من الجرعة الفعالة المؤثرة من المصادر المشعة الطبيعية. وبالتالى يجب أن تقل هذه النسبة فى مياه الشرب ليكون صالحا للاستهلاك الآدمى.
- لتقدير درجات تركيز المستوى الإشعاعى فى البيئة تستخدم وحدة قياس غير السيفرت التى تستخدم فى تقدير الجرعة الفعالة المؤثرة فى صحة الإنسان وتسمى وحدة القياس الكمى هذه بالبيكاريل. وهناك علاقة حسابية (معامل حسابى) بين درجة تركيز المستوى الإشعاعى (بيكاريل) ووحدة قياس الجرعة الفعالة المؤثرة (سيفرت) من خلال المعادله الحسابيه الآتيه والتى تأخذ بعين الأعتبار أن الإنسان يشرب لترين من المياه يوميا أى 730 لترا فى العام.

درجة التركيز الإشعاعى (بيكاريل) =

الجرعة الفعاله المؤثرة (سيفرت / السنه)

730 لتر معياه ×معامل التحويل(سيفرت/ بيكاريل)

=

1×10^{-4} سيفرت / سنه

730 لتر سنه × معامل التحويل (سيفرت / بيكاريل)

=

1.4×10^{-7} (سيفرت / اللتر)

معامل التحويل (سيفرت / بيكاريل)

= بيكاريل/ اللتر

المعايير الخاصة للمواد المشعة فى مياه الشرب:

فصيله مشعات ألفا 0.1 بيكاريل / اللتر.

فصيله مشعات بيتا 1 بيكاريل / اللتر.

أهم المصادر لمشعات ألفا:

بولونيام 210، راديوم 224، راديوم 226، ثوريوم 232، بورانيوم 234، بورانيوم 238، بلاتينيوم 239 (وأهمهم راديوم 226).

أهم المصادر لمشعات بيتا:

كوبالت 60، سترنيوم 89، سترنيوم 90، يود 129، يود 131، سيزيوم 134، سيزيوم 137، رصاص 210، راديوم 228 (وأهمهم سترنيوم 90). جميع هذه المواد المشعه (ألفا، بيتا) هى مصدر لنويدات مشعه شديدة السمية.

6-7. دور الإشعاع فى مجال البيئة[*]:

تلعب المعالجات والتطبيقات الأشعاعية دوراً بالغ الأهمية فى جميع المجالات المرتبطة بالبيئة، وتساهم بدور فعال ومؤثر فى الحفاظ على البيئة نظيفة، فجميع التطبيقات التى ذكرت آنفا تندرج تحت ما يعرف بالتكنولوجيا النظيفة التى لا ينتج عنها مخاطر للإنسان وبيئته خلاف ما يحدث فى الوسائل التقليدية التى تلوث البيئة. ويتضح دور الإشعاع الإيجابى فى مجال البيئة من خلال ما يلى:

1- المعالجة الأشعاعية لتنقية الغازات المنبعثة من المحطات الحرارية لتوليد الكهرباء. حيث تستخدم هذه التقنية النظيفة فى إزالة ثانى أكسيد الكبريتSO_2، وأكاسيد النيتروجينNO الضارة من الغازات المنبعثة.

2- معالجة النفايات الدولية فى المطارات والموانى لمنع انتقال كوارث العدوى بالفيروسات والميكروبات الوبائية.

---

[*]دور الإشعاع فى التنمية و البيئة الأستاذ الدكتور/ على أحمد إبراهيم حماد مجلة اسيوط للدراسات البيئية 2002.

3- الأستخدام الإشعاعى لإزالة الكبريت من الغاز الطبيعى قبل نقله عبر خطوط الأنابيب لأن سلفات الكبريت الموجودة فى الغاز الطبيعى تسبب تآكل خطوط الأنابيب وتسرب الغاز.

4- تنقية الغازات الناتجة من حرق سيل النفايات حيث يحتوى الغاز المتولد من حرق النفايات على غازات حمضية مثل ثانى أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين وغاز كلوريد الهيدروجين الضارة، ويمكن معالجة هذه المركبات بواسطة الحزم الإلكترونية ومعادلتها بإضافة الجير.

5- التخلص من المركبات العضوية المتطايرة الملوثة للهواء حيث تستخدم هذه التكنولوجيا فى تنظيف هواء أنفاق السيارات من الغازات والمركبات العضوية المتطايرة الضارة، والتى تؤثر فى المناطق السكنية القريبة.

6- تطهير وتعقيم نفايات المستشفيات، وهى عبارة عن نفايات طبية حيوية شديدة التلوث تمثل تهديداً خطيراً للبيئة، وتسبب مخاطر جسيمة.

7- فى معالجة مياه الصرف الصحى: يمثل التخلص من مياه الصرف الصحى مشكلة بيئية بالغة الخطورة بسبب كمياته الهائلة، والتى تصل فى المدن الكبرى إلى بلايين الأطنان وتلوثه بما تحتويه من ميكروبات ممرضة وطفيليات ضارة بصحة الإنسان فضلاً عن بعض المواد الضارة الأخرى مثل المعادن الثقيلة، وقد جرت العادة على التخلص من هذه المياه (سوائل ومواد صلبة) عن طريق غمر بعض الأراضى بها فى مواقع معينة او عن طريق إلقائها فى المحيطات او البحار او الأنهار او الترع، وبينما كانت هذه الوسائل مقبولة فى الماضى، إلا أنها تعتبر حالياً ممارسات ذات مضار بالغة وبالأخص بالنسبة لانعكاساتها السلبية على البيئة. وتستخدم تكنولوجيا التشعيع فى الوقت الحالى لحل هذه المشكلة بالغة الخطورة. حيث يتم فصل السوائل عن المواد الصلبة ثم تشعيع كل من المياه والفضلات الصلبة كل على حدة للقضاء على الميكروبات المرضية والطفيليات الضارة. وبالتالى يمكن إعادة استخدام السوائل المعالجة

بالإشعاع فى عمليات الرى الزراعية، وفى الاستزراع السمكى، كما يمكن إعادة استخدام الحمأة (المواد الصلبة المترسبة) كأسمدة ومنشطات للتربة.

8- استحداث طفرات ميكروبية ذات قدرة تخمريه عالية لاستخدامها فى التخلص من الفضلات الزراعية التى تلوث البيئة وتحويلها إلى مركبات ذات أهمية اقتصادية. مثل التخلص من مخلفات الأرز وحطب القطن وغيرها، ومن خلال هذه الطفرات نستطيع أيضاً التخلص من المواد البترولية التى تلوث مياه البحار والمحيطات نتيجة لحوادث شاحنات البترول العملاقة التى لها اثر بالغ الخطورة على البيئة المائية.

6-8. التحكم في التلوث بالمواد المشعة

تنعدم عملية التنقية الذاتية أو الطبيعية لمياه الفضلات المشعة، حيث يمكن ان تمتص جذور النباتات والكائنات الحية النباتية هذه المياه وبالتالي تتراكم الملوثات الأشعاعية داخل هذه الكائنات الحية. ومن ثم اتجه العلماء الي التفكير في طرق للتحكم في التلوث الاشعاعي للماء وطرق لمعالجة الفضلات المشعة الناتجة عن الأنشطة الاشعاعية.

بعيدا عن كل مصادر التلوث الاشعاعي للماء فان المصادر الصناعية هي المعنية فقط بالتحكم. وغالبا ليس هناك الكثير من الحلول عندما تكون الملوثات الاشعاعية منطلقة باستمرار في البيئة.

وهناك نوعين من الفضلات الاشعاعية المنطلقة الي البيئة المائية وهما:

1- الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوي الاشعاعي المنخفض.

2- الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوي الاشعاعي المرتفع.

1- الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوي الاشعاعي المنخفض:

تنطلق الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوي الاشعاعي المنخفض الي البيئة غالبا بكميات كبيرة، عادة بحيث يتعذر حصرها في وعاء محدود السعة، لذلك

تنشر في البيئة بعد تخفيضها الى درجة عالية، بحيث لا تؤدي الى خلل ملحوظ في كميات الاشعاعات الطبيعية الكونية في الأرض، على المدى القريب.

ومن ثم فان الهدف الاساسي يرتكز علي ازالتها ومعالجتها وتخفيض نشاطها الاشعاعي الي مستويات امنة بحيث يمكن التخلص منها بصورة امنة بيئيا.

وتنحصر طرق معالجة الفضلات الاشعاعية في الاتي:

أ- الترسيب:

كل المستويات المنخفضة من الفضلات المشعة يمكن تحجز للمعالجة بالطرق العادية والتي تشمل الترويب والترسيب والادمصاص والترشيح والتبادل الايوني.

ترسيب النويدات المشعة يتم بواسطة املاح الالمونيوم، أو امــلاح الحديــد، حمض التانيك مع الجير، الفوسفات مع الجير. والحماة المشعة ترسل الــي مــدافن خاصة.

ب- التبادل الايوني:

التبادل الايوني يمكن ان يتبع الترسيب في حالة كمية الفضلات المشعة القليلة والمواد الصلبة الكلية اقل من 1000 مجم /لتر. وعندما يراد ان تنقية اكثر للماء.

ج- المبخرات:

التبخير المتواصل للمخلفات السائلة المشعة يتم داخل مبخرات معينة تصــنع عادة من الاستانلس ستيل. والماء المنكثف يتم التحلص منه وصرفه اما النويــدات المشعة المركزة تظل داخل المبخر ويتم ارسالها الي مدافن خاصة.

د- التخفيف والصرف:

الفضلات التي لم تعامل بالطرق السابقة يمكن تخفيفها واطلاقها فــي البيئــة لتنتشر وتزداد تخفيفا ومن ثم يقل خطرها.وجزء من هذه الفضلات يعاد تدويره في البيئة.

و- الشحن في الطبقات الجيولوجية:

عادة يتم تركيز هذه المياه ذات الفضلات المشعة المنخفضة والمتوسطة الاشعاع ثم توضع في عبوات خراسانية ثم تدفن علي اعماق بعيدة داخل الأرض في الطبقات الصخرية الملحية لان هذه الصخور عادة لاتحتوي علي مياه جوفية يخشي تلوثها بالمواد المشعة، ويراعي ان يكون موقع الدفن بعيدا عن التجمعات السكانية. والأماكن الاكثر ملائمة للدفن العميق هي المناجم المهجورة والبعيدة عن السكان والمياه الجوفية. وتعد طريقة الدفن مكلفة نسبيا.

ه- الدفن داخل اسفلت الطرقات:

في هذه الطريقة الفضلات المشعة تدخل داخل مكونات الاسفلت أو المستحلبات الاسفلتية ويزال الماء. وتعد هذه الطريقة من انسب الطريق للتخلص من الحمأة ذات النشاط الاشعاعي المنخفض والمتوسط.

2- الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوي الاشعاعي المرتفع:

وقد تكون سائلة أو صلبة. وينتج عن كل طن من الوقود النووي حوالي 100 غالون من الفضلات السائلة، المصدر الرئيسي للمخلفات الاشعاعية ذات النشاط الاشعاعي المرتفع هو الوقود النووي المستهلك المنتج داخل المفاعلات الذرية والنووية. العناصر الاشعاعية المستهلكة تخزن داخل مواقع المفاعلات لمدة تتراوح بين 3 الي4 شهور لتنخفض النشاط الاشعاعي لها اذا كان عمر النصف لها قصير. بعد ذلك تنقل للمعالجة داخل اسطوانات سميكة من الرصاص.

ويتم تحويل بعض الفضلات الان الى الشكل الصلب، لكي تطمر في طبقات الأرض العميقة. ولكن الحرارة العالية الناتجة عن هذه الفضلات النشطة اشعاعيا، تتراكم جدران الأوعية والحاويات الحديدية، أو قد تتعرض المنطقة المخزن فيها الفضلات، لهزات أرضية تتلفها وتنتشر الفضلات النووية في البيئة مع أخطارها العديدة.

وعامة الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوي الاشعاعي المرتفع يتم التعامل معها بطرق امنة بيئيا من خلال الخطوات التالية:

1- مستودعات التخزين:

تخزن الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوي الاشعاعي المرتفع داخل مستودعات تخزين سميكة من الخراسانة المسلحة تحت سطح الارض لمدة خمس سنوات قبل التخلص النهائي منها. وحيث ان هذه المخلفات غالبا ذات درجات حرارة مرتفعة وتظل تغلي بصورة مستمرة فان عمليات التبريد تتم لها لخفض حراراتها من خلال دوائر تبريد.

2- التحويل لمواد صلبة:

بعد التخزين الفضلات تتعرض لعمليات التصلد بتحويلها الي مواد ذات صورة صلبة قليلة التسرب.

6-9. طرق السيطرة على التلوث الأشعاعى

من اهم طرق السيطرة علي التلوث الاشعاعي هي المسح الاشعاعي البيئي.

المسح الأشعاعى البيئى للمناطق والمنشأت:

أن عملية المسح الأشعاعى لمنطقة العمل والمناطق المحيطة بها هى عامل مؤثر وهام للبرنامج الوقائى ليؤكد أن الافراد العاملين فى مجال الأشعاعات اوعامة الجمهور سوف لايتعرضون الى جرعات أشعاعية أعلى من القيم المحدده دولياً وأن نوع وطبيعة برنامج المسح الأشعاعى لمنشأة نووية معينة سوف يعتمد بدرجة كبيرة على ظروف هذه المنشأة وتتضمن تلك الظروف:

- طبيعة المنشأة
- محتويات وطبيعة العمل بالأشعاعات
- نوع وكمية المواد ذات النشاط الأشعاعى المتداولة
- طرق ومقدار ومعدلات التسرب الأشعاعى من المنشأة الى البيئة المحيطة.

وكذلك متابعة الموقف الأشعاعى اولاً باول فى منطقة العمل تعتبر عملية ضرورية لتأمين ظروف العمل ومتممة لنظام المسح الأشعاعى وبالتالى نحدد الجرعات الأشعاعية التى يتعرض لها العاملين فى مجال الأشعاعات.

ينقسم برنامج المسح الأشعاعى الى:

أ- برامج المسح الأشعاعى الخاصة بالمنشأت النووية والمناطق القريبة منها، وفى هذه الحالة فأن المسئول عن المنشأه النووية هو المختص بمراقبة مستوى التسربات الأشعاعية أثناء التشغيل العادى للمنشأة ليتأكد من أن تلك التسربات أقل ما يمكن ولاتتعدى الحدود الموضوعه بواسطه السلطات المختصة وعليه أيضاً فى حالة الحوادث يتبع الأجراءت الاوليه الضرورية للسيطرة على الموقف ثم الأتصال بالسلطات المعنية ونظام القياس الأشعاعى (للمتدفقات الأشعاعية) يستخدم لقياس الغبار الذرى والسوائل المشعة المتسربة قريبامن نقط المخارج والقياسات فى نفس المكان تعطى معلومات اولية عن النوبدات المشعة الموجوده ودرجة تركيزها سواء فى الغبار الذرى الناتج اوالسوائل المشعة المتسربة.

وقبل البدء فى عمليات التشغيل للمنشأه فأن القياسات البيئيه تعتبر عاملا مؤثرا بل يمكن إعتبارها الأساس لبرنامج المسح الأشعاعى الطارئ خارج المنشأه وتستخدم نظرية المؤشر الحيوى فى التعرف على مستويات النوبدات فى البيئة ومكوناتها، وتعتمد هذه النظرية على أختبار السلسلة الغذائية لكائن حى والتى تعطى مقياسا يمكن الوقوف به لكل نوبده مشعه تتواجد فى تلك السلسلةالغذائية،على سبيل المثال حالة سلسلة دورة النبات /الحيوان /اللبن /الإنسان والتى تعتبر دورة أنتقال حرجة فأنه ليس من الضرورى قياس عينات مختلفة من الحشائش لمتابعة دورة اليود 131 فى كل أجزاء السلسلة الغذائية.

ولكن جمع وقياس الألبان المنتجة فى المناطق المجاورة للمنشأة يعتبر كافياً ويعتبر برنامج قياس التلوث الأشعاعى البيئ بمثابة أختبار عن مدى كفاءة تشغيل

المنشأه النووية وذلك عن طريق تحديد كمية التسرب الأشعاعى ومقارنتها بالكميات المحدده بمعرفة السلطات المختصة.

برامج المسح الأشعاعى القومية:

عمليات المسح الأشعاعى على مستوى الدولة تتم بتحديد عدد من المناطق التى بها المنشأت النووية وعدد من المناطق القريبة منها وعدد من المناطق الساحلية والتى بها كثافة سكانية عالية وتنشأ بها شبكات متكاملة للرصد الأشعاعى وتحديد المستويات الأشعاعية وتؤخذ منها عينات تشمل معظم مكونات البيئة والسلسلة الغذائية وتجمع على فترات محسوبة سواء شهرية اوسنوية وتجرى عليها التحاليل الكيميائية والقياسات الفيزيائية المناسبة لتقدير كميات النويدات المشعة الموجوده بها ونوعياتها،وبمتابعة هذه المستويات يمكن إكتشاف أى تلوث أشعاعى اوأرتفاع فى المستويات الأشعاعية فى الوقت المنسب والتصرف حيالها بالطرق الوقائية السليمة.

أهمية المسح الأشعاعى على المستوى القومى:

المسح الأشعاعى يعطى بصفة مستمرة المعلومات المطلوبة عن النشاط الأشعاعى غير الثابت والدائم الدوران.

إن الأستخدامات السلمية العديده للمواد ذات النشاط الأشعاعى تزيد من التلوث الأشعاعى الموجود ونحتاج الى دراسة مستمرة لمعرفة أماكن تواجد ها وكيفية تأثيرها المباشر وغير المباشر على الإنسان وبيئته.

إن الوفاق العالمى بين الدول الكبرى أمر غير مؤكد لضمان عدم الأستمرار فى إجراء التفجيرات النووية فى الهواء او وقفها.

6-10. الإشعاعات الضارة والتقنية الحيوية

ليس من شك في أن مشكلة "النفايات النووية وأخطار تخزينها" هى مشكلة القرن الحادي والعشرين بلا منازع، سيما بعد أن تبين أن أحداً ليس في مأمن منها،

كما أن المواد المشعة التي تشتمل عليها قد تظل في حالة "نشاط" لآلاف السنين (فمادة مثل البلوتونيوم تستمر إشعاعاتها نحو **240** ألف سنة).

وتذكر الأبحاث العلمية أن النفايات النووية يصدر عنها أربعة عناصر على درجة كبيرة من الخطورة، العنصر الأول هو "اليود المشع" الذي يترسب بكميات عالية على أسطح الخضراوات ومياه البحار ويصل إلى الإنسان عن طريق المواد الغذائية النباتية والحيوانية والأسماك البحرية ويسبب مرض سرطان الغدة الدرقية. والعنصر الثاني هو "الإسترانشيوم" الذي يصل إلى الإنسان عن طريق المواد الغذائية أيضاً ويترسب في التربة ويحولها إلى تربة غير صالحة للزراعة. ثم عنصر "السيزيوم" الذي يتركز في الأعصاب والعضلات والأنسجة والدم في جسم الإنسان، مما يسبب له مرض السرطان. وقد أثبتت الفحوصات الميدانية إصابة معظم سكان منطقة "لاهاج" (أشهر مقبرة للنفايات في فرنسا) بمرض اللوكيميا!.

فبينما البشرية غارقة في التفاؤل والأمل بما يمكن أن تقدمه الطاقة النووية لخدمة الإنسان في مجالات الطب والصناعة والزراعة والوقود خصوصاً في ظل نضوب احتياطي وسائل الطاقة التقليدية مثل البترول وغيره، ارتجف العالم فزعاً عقب تمكن الإنسان من التفجير الذري الأول في السادس من أغسطس عام 1945م ممثلاً في قنبلة هيروشيما وظهور أمراض وتشوهات وراثية في نسل من تبقى من سكان هذه الجزيرة خاصة سرطان الدم "اللوكيميا". تلى ذلك حدوث حريق في قلب مفاعل "تشرنوبيل" حيث تم احتراق المواد الإشعاعية وحدوث تلوث أرضي وتشوهات قد تمتد آثارها إلى أجيال متعاقبة، نظراً لإصابة الخلايا الوراثية وهذا يحتاج إلى سنوات عديدة للتغلب على آثاره. وبين الحين والآخر تحدث حوادث في المفاعلات النووية التي تؤدي إلى تسربات إشعاعية في الهواء والمياه الجوفية والتربة وتتعالى صيحات الرفض والتشاؤم تهدئ من روعها طمأنة أصحاب الأمل والتفاؤل.

مميزات التقنية الحيوية كعلاج فعال للحماية من الاشعاعات:

لقد بدأت التقنية الحيوية في وضع برامج بحثية لاستحداث أساليب للحماية من الإشعاعات. فعلى سبيل المثال، في كلية الطب كاستربا Kasturba وتحت إشراف منظمة الأسلحة الدفاعية بالهند تمكن العلماء من استخلاص نوعين من الفلافينويد Flavanoids أطلق عليهما أورينتين وفيسينين Vicenin، Orientin وذلك من أوراق نبات كرشنا تلباسي Krishna tulbasi وبعد اختبار تأثيرهما على فئران التجارب تبين أنه ليس لهما تأثير سام ولديهما القدرة على توفير الحماية من الإشعاعات الضارة.

الفصل السابع

التلوث الكهرومغناطيسي واثاره البيئية والصحية

7. مقدمة عن الطيف الكهرومغناطيسي

7-1. تصنيف الموجات الكهرومغناطيسية

7-2. مصـــــادر التلوث الكهرومغناطيسي

7-3. محطات التليفون المحمول

7-4. الآثار الصحية للموجات الكهرومغناطيسية

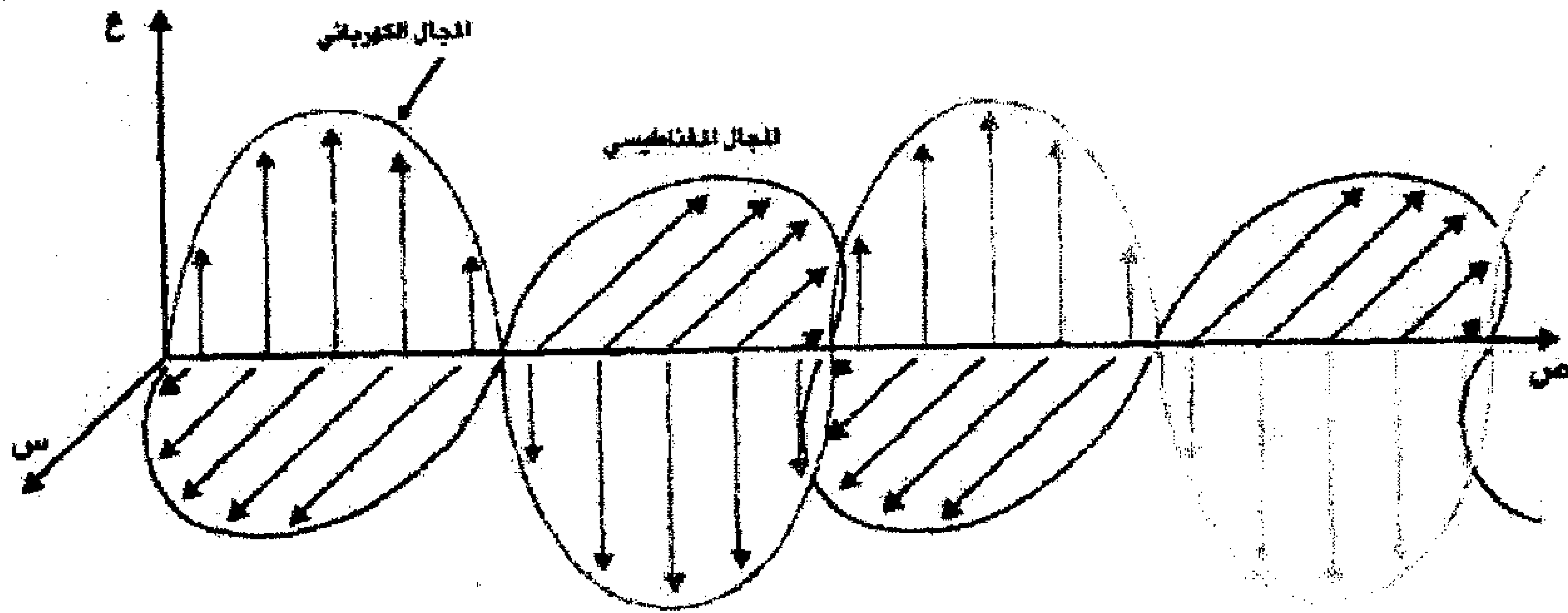
7-5. مكافحة التلوث الكهرومغناطيسي

الفَصلُ السَّابِع

التلوث الكهرومغناطيسي واثاره البيئية والصحية

7. مقدمة عن الطيف الكهرومغناطيسي

الطيف الكهرومغناطيسي هوالسلسلة التي تتكون من مجمل حزم الموجات الأشعاعية المختلفة في الطول Wave Length والتردد Frequency والتي تنبعث من الإجسام المادية المنشطة التي تشع فيما حولها كموجات اشعاعية حاملة كمية معينة من الطاقة، ويتكون الشعاع المنبعث من مجالين متآلفين (مترافقين دائما) من الطاقة Energy، هما: الطاقة الكهربائية او المجال الكهربائي Electrical Field والطاقة المغناطيسية او المجال الكهرومغناطيسي Field Magnetic، وهاذان المجالان يكونان في ترافقهما متعامدين دائما، كما هو واضح في الشكل أدناه:

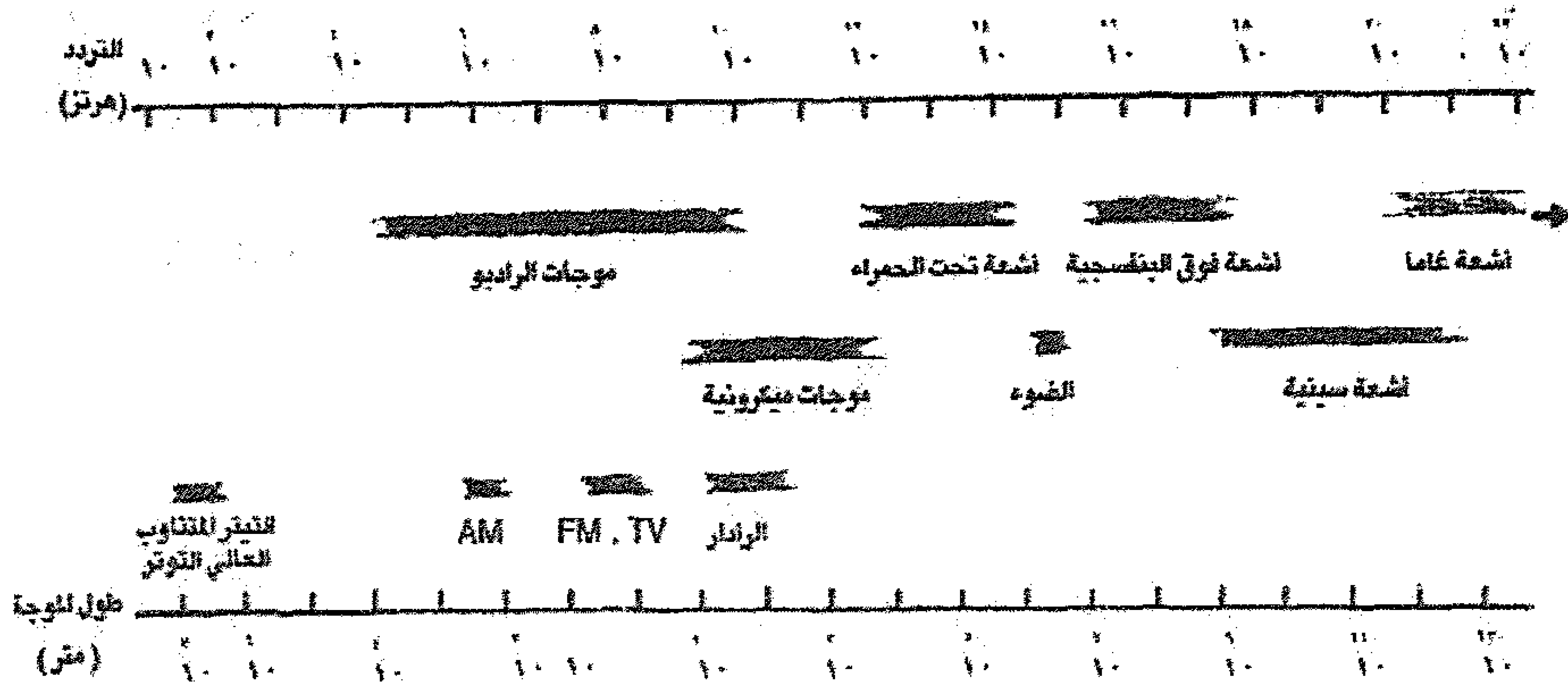


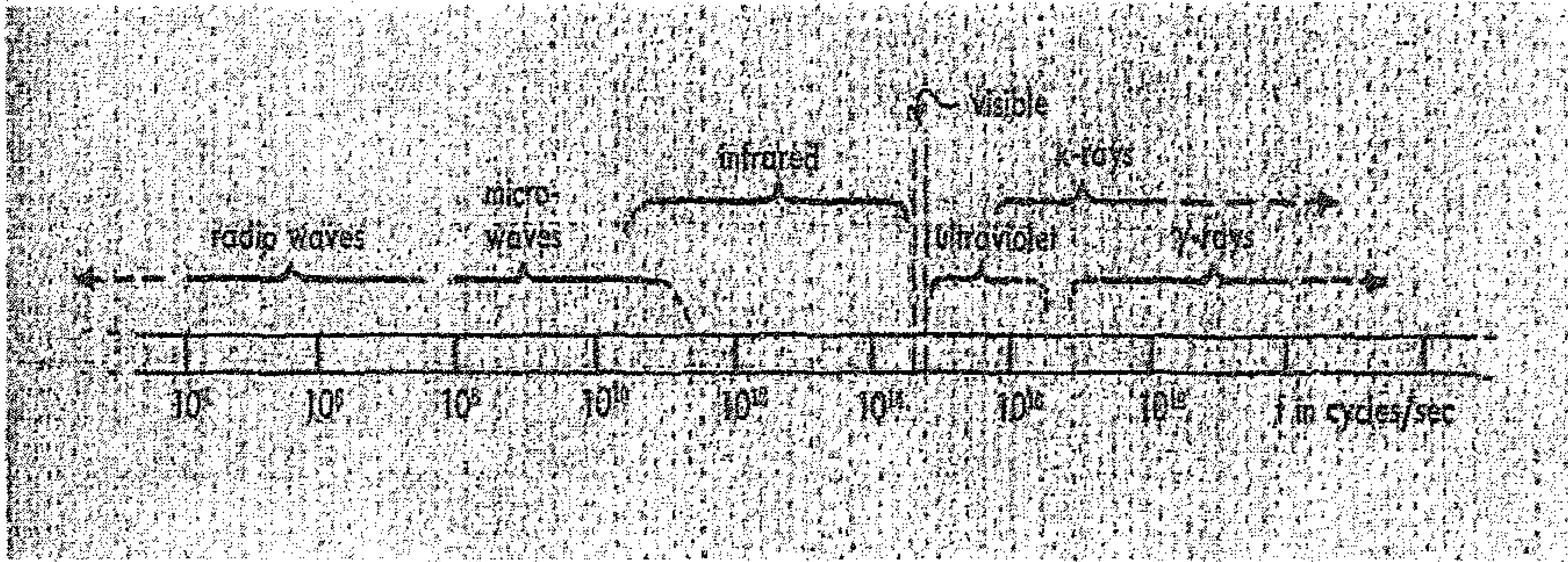
شكل7- 1المنحنيان الجيبيان المتعامدان الذي يبن ترافق المجال الكهربائي والمغناطيسي ليعطيا المجال الكهرومغناطيسي

7-1. تصنيف الموجات الكهرومغناطيسية

تصنف هذه الموجات الكهرومغناطيسية، إلى أنواع مختلفة من الموجات الأشعاعية، حسب طولها أمواجها او تردداتها او سرعات انتقالها في الفراغ او حسب نقاذيتها في المواد الموصلة، وأحيانا تصنف حسب نوع الآثار الفيزيائية او الكيميائية التي تحدثها عندما تسقط او تنفذ في مواد مادية أخرى، ومن أنواع

الموجات الموجودة في الطيف الكهرومغناطيسي، نذكر مثلا: الموجات الكهرومغناطيسية الأقصر طولا في الطيف (السلسلة): اشعة ألفا α، و بيتا β، وجاما γ، وفي الطرف الآخر من الطيف الكهرومغناطبسي توجد الأنواع الأكبر طولا موجيا، مثل: الأشعة الكونية Cosmetic Ray، والموجات الراديوية Radio Waves، وبين هذين الطرفين، على الشريط الطيفي، توجد أنواع مختلفة من حزم الإشعاعات الموجية الأخرى (الموجات الكهرومغناطيسية)، متدرجة من الطول الموجي الأقصر إلى الطول الموجي الأكبر، نذكر من أنواعها مثلا: أمواج الأشعة السينية X-ray و أمواج الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Bands or UV bands وحزم موجات الضوء المرئي Waves Visible Light واشعاعات تحت الحمراء Infra-red Radiation or IR وموجات الميكروويف Microwaves والموجات الإذاعية وموجات الراديو Radio Waves & Broadcasting وموجات الـ "إف.إم FM waves" وموجات التلفزيون waves TV وغيرها كثير، ويجب أن لا يغيب عن بالك التيارات الكهربائية المتناوبة Alternating Electrical Currents or AC currents و التيارات الكهربائية الساكنة Direct Electrical Currents or DC currents ذات الترددات الواطئة، ولتدرك مفهوم الطيف الكهرومغناطيسي الشامل، للنظر في الشكل التوضيحي التالي:





شكل 7-2، 7-3 طيف الموجات الكهرومغناطيسية المختلفة

تعتبر التليفونات المحمولة ومحطاتها القاعدية من أهم مصادر التلوث الكهرومغناطيسي حيث تنتج عن هذه التليفونات مجالات كهرومغناطيسية. وتتكون هذه المجالات من مجالين متعامدين هما المجال الكهربائي (E) والمجال المغناطيسي (H) وتعتبر الموجة الصادرة عن التليفونات المحمولة ومحطاتها أمواجاً راديوية كهرومغناطيسية وهو إشعاع غير مؤين تختلف تأثيراته البيولوجية بشكل أساسي عن الإشعاع المؤين مثل أشعة X. ويمكن تمييز الموجات الكهرومغناطيسية من خلال ثلاثة متغيرات أساسية هي التردد، الطاقة، والطول الموجي. والطاقة تتناسب طردياً مع التردد وعكسيا مع الطول الموجي. والتردد هو عدد الذبذبات الكاملة في الثانية الواحدة ويقاس بوحدة تسمي هيرتز، بينما يقاس

طول الموجة بالمتر وتقاس الطاقة بالوات. وطبقا للطاقة ينقسم الطيف الكهرومغناطيسي لقسمين أساسيين [1، 2]:

1- **الإشعاعات غير المؤينة:** هي إشعاعات ذات طاقة ضعيفة نسبياً بحيث لا تستطيع تكسير الروابط بين مكونات المادة، منها الضوء المرئي، والأشعة فوق البنفسجية، والأشعة تحت الحمراء، والترددات الراديوية والموجات القصيرة (الميكروويف).

2- **الإشعاعات المؤينة:** هي إشعاعات ذات طاقة كبيرة بحيث تستطيع تأيين المادة، أي تحويلها إلي جسيمات مشحونة (أيونات)، ومن أمثلتها الأشعة السينية، وأشعة جاما. ومجال الترددات الراديوية جزء من الإشعاعات غير المؤينة، ويغطي مدي واسع من الترددات يتراوح ما بين 300 هيرتز-300 جيجا هيرتز، ويقسم إلي ثلاث مجموعات فرعية:

1- **الترددات المنخفضة جداً ELF:** هي أقل من 300 هيرتز، والمصدر الأساسي لهذه الترددات هو خطوط نقل الطاقة الكهربية والأجهزة المنزلية وجميعالأجهزة والمعدات الكهربائية التي تعمل بمصدر طاقة كهربائية ذات تردد 50 هيرتز.

2- **الترددات المتوسطة:** من 300 هيرتز-10 ميجا هيرتز وتسمى الترددات المتوسطة.

3- **الترددات الأعلى:** من 10 جيجا هيرتز-300 جيجا هيرتز.

ولذلك عند الدراسة العلمية حول الترددات الراديوية يلزم تحديد المدى الذي نتحدث عنه. فعندما نتحدث عن التليفون المحمول في مصر، نتحدث عن 900 ميجا هيرتز، وعندما نتحدث عن المحطات، نكون في مدى من الترددات يقترب من نطاق الترددات الراديوية الأعلى.

2-7. مصادر التلوث الكهرومغناطيسي

تنتج المجالات الكهرومغناطيسية في المنازل بتشغيل الأجهزة والمعدات المنزلية الكهربائية. كما أن المنازل القريبة من خطوط نقل الطاقة الكهربائية او ذات التوصيلات الكهربائية الغير سليمة من الممكن أن تكون ذات قيمة عالية للمجالات الكهرومغناطيسية، فمن المؤكد أنه عند تشغيل أي جهاز منزلي كهربائي يتولد مجال مغناطيسي فعندما يكون الشخص قريبا منه يتعرض لهذا المجال ويخترق جسمه مما قد يعرضه للخطر. ومن هذه الأجهزة مجففات الشعر وماكينات الحلاقة الكهربائية والسخانات وأفران الميكروويف والمكيفات ولمبات الفلورسنت وأجهزة التلفزيون والفيديو وأفران الميكروويف وأنظمة الأنظار وفتاحات العلب وأجهزة الرد علي التليفون والخلاطات ومجهزات الطعام والثلاجات وغسالات ومجففات الملابس وأجهزة التليفون المحمول وصانع القهوة. وهذهالأجهزة والمعدات الكهربائية تولد مجالات كهرومغناطيسية عالية بالقرب منها وتقل بسرعة كلما بعدنا عنها (شكل 6)، لذا يجب أن يكون الشخص بعيداً عنها عند تشغيلها. أي أن درجة التلوث بالموجات الكهرومغناطيسية تزيد كلما اقتربنا من المصدر، وقيم تلك المجالات لبعض المصادر معطاة بالملي جاوس وعلي مسافات 10، 30، 50 سم علي الترتيب موضحة بجدول (7-1). ويمكن تقسيم تلك المصادر تبعا لدرجة تلويثها للوسط المحيط، كما هو موضح بالجدول التالي.

جدول (7-1)

قيم التلوث الكهرومغناطيسي حول بعض المصادر

Sources	Distance from appliance		
	10 cm	30 cm	50 cm
Hair Dryer	185	10	4.6
Dishwasher	24	4.8	1.8
Iron	20	3	Nil
Vacuum Cleaner	45	9	2.6
Photocopier	27	6	2.1
Color TV	20	6.2	2.2
Computer monitor	4.9	2.1	0.6

Sources	Distance from appliance		
Microwave Oven	120	24	12
Bedside clock radio	140	4.6	1.4
Juicer	700	2.3	0.9
Electric range	11.5	2.2	0.7
Washing machine	12.3	8.2	5.4
Sewing machine	23	3.5	1.2
Juicing machine	20	12.8	6.6

وفي أماكن العمل قد تكون درجة التلوث بالموجات الكهرومغناطيسية عالية تبعاً لنوع العمل ومكانه فأماكن العمل القريبة من خطوط نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية او القريبة من شبكات الطاقة الكهربائية تكون درجة التلوث بالمجالات الكهرومغناطيسية عالية. والعاملون مع ماكينات الخياطة وأجهزة الحاسبات والأجهزة والمعدات الكهربائية وأجهزة الفاكس وآلات التصوير والطابعات وأجهزة الماسح الضوئي والمحركات الكهربائية يتعرضون لقيم عالية من المجالات الكهرومغناطيسية.

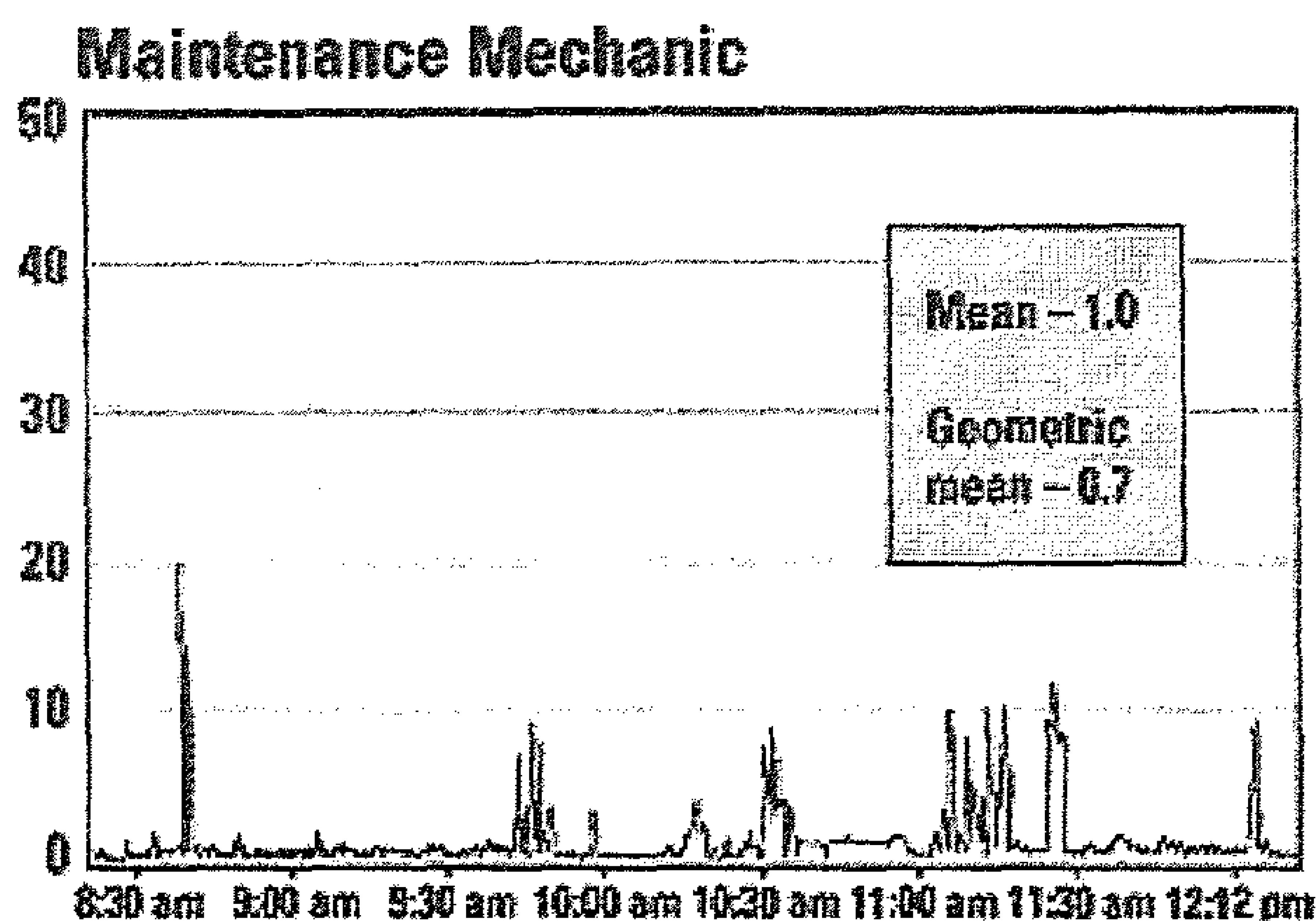
جدول (7-2)

قيم التلوث الكهرومغناطيسي حول بعض المصادر

Equipment	at 30 cm	at 90 cm	Equipment	at 30 cm	at 90 cm
مصادر ذات درجة تلوث عالية جدا:			مصادر ذات درجة تلوث منخفضة:		
Can opener	7.19-163.02	1.30-6.44	Aquarium Pump	0.35-18.21	0.01-1.17
Computer monitor	0.20-134.7	0.01-9.37	Band Saw	0.51-14.24	0.05-0.75
Electric razor*	100 (at 15 cm)	20 (at 30 cm)	Clock	0.34-13.18	0.03-0.68
			Clothes Iron	1.66-2.93	0.25-0.37
مصادر ذات درجة تلوث عالية:			Coffee Machine	0.09-7.30	0-0.61
Desktop Light	32.81	1.21	Copier	0.05-18.38	0-2.39
Hair Dryer	0.1-70	0.1-2.8	Dishwasher	4.98-8.91	0.84-1.63
Microwave Oven	0.59-54.33	0.11-4.66	Food processor	6.19	0.35
Portable Fan	0.04-85.64	0.03-3.12	Garbage disposal	2.72-7.79	0.19-1.51
			Portable heater	0.11-19.60	0-1.38
مصادر ذات درجة تلوث متوسطة:			Radio	0.43-4.07	0.03-0.98
Drill press	0.21-33.33	0.03-8.35	Sewing machine	3.79-7.70	0.35-0.45
Mixer	0.49-41.21	0.09-3.93	Tape player	0.13-6.01	0.01-1.66

Equipment	at 30 cm	at 90 cm	Equipment	at 30 cm	at 90 cm
مصادر ذات درجة تلوث عالية جدا:			مصادر ذات درجة تلوث منخفضة:		
Printer	0.74-43.11	0.18-2.45	Television	1.80-12.99	0.07-1.11
Range	0.60-35.93	0.05-2.83	Toaster	0.29-4.63	0.01-0.47
Scanner	2.18-26.91	0.09-3.48	مصادر ذات درجة تلوث منخفضة جدا		
Vacuum cleaner	7.06-22.62	0.51-1.28	Fax machine	0.16	0.03
			Refrigerator	0.12-2.99	0.01-0.60
			Vcr	0.19-4.63	0.01-0.41
			Vending machine	0.46-5.05	0.02-0.59

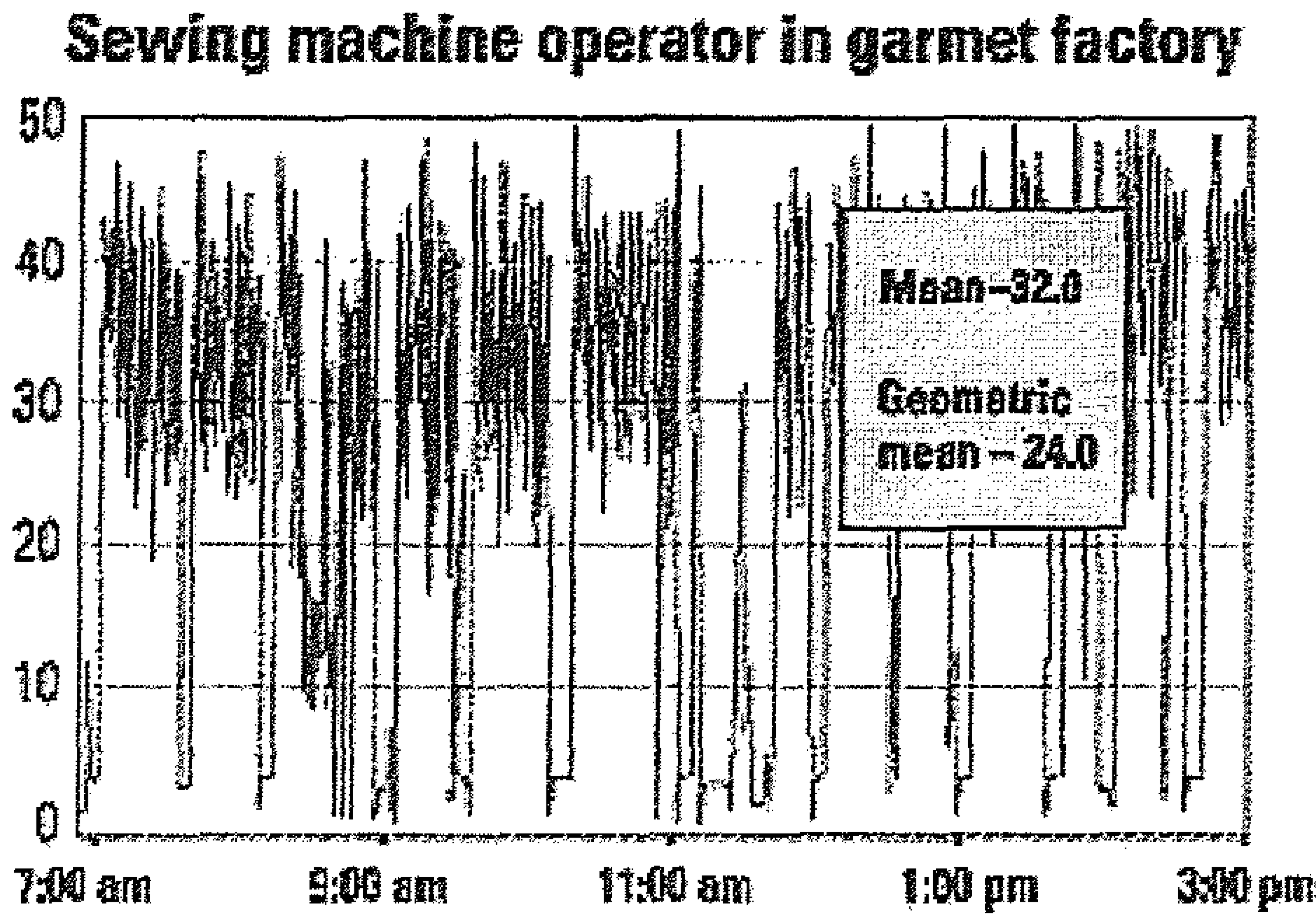
وأشكال (7-4)، (7-5) توضح قيم المجال التي يتعرض لها العامل أثناء وقت العمل مقاسه بالملي جاوس. ومن أهم مصادر المجالات الكهرومغناطيسية في المدارس خطوط الكهرباء القريبة منها والتوصيلات الكهربائية الداخلية الغير سليمة وأجهزة الحاسب الآلي ومحطات الإرسال التلفزيوني والراديو والتليفون المحمول القريبة من تلك المدارس. أما خارج كل من المنازل وأماكن العمل فالسير بالقرب من او أسفل خطوط الجهد العالي واستخدام وسائل المواصلات الكهربائية يسبب التعرض لمجالات كهرومغناطيسية قوية.



شكل 7-4: قيم المجال الكهرومغناطيسى التى يتعرض لها ميكانيكى يعمل فى إصلاح كمبرسور

إن التلوث الكهرومغناطيسي سواء داخل او خارج المنزل وأماكن العمل يعتبر محل اهتمام الكثير من الناس فقد اوضح استطلاع للرأي أجرته صحيفة يو اس أيه توداي

الأمريكية أن حوالي 35% منهم جاءت اجاباتهم بأن المجالات الكهرومغناطيسية EMF يعد في المرتبة الاولي كملوث خطر من بين الملوثات الأخري،



شكل (7-5): قيم المجال الكهرومغناطيسي التي يتعرض لها عامل يعمل علي ماكينة خياطة طوال اليوم.

7-3. محطات التليفون المحمول

يبلغ عدد مستخدمي التليفون المحمول في العالم حوالي مليار، وتتوقع منظمة الصحة العالمية أن يصل بحلول عام 2006 لحوالي 1.8 مليار مستخدم. وبالتالى زيادة عدد محطات التليفون المحمول، والتي تزيد بدورها من المخاطر علي صحة المواطنين في حال تجاوزها للشروط الفنية والصحية والبيئية المقررة مما يكسب هذا الموضوع أهمية خاصة للمناقشة. وتعمل محطات التليفون المحمول القاعدية ضمن مدي الترددات 800-1800 ميجا هيرتز، وهو جزء من مجال الترددات الراديوية.

وتعطي محطات التليفون المحمول مستويات من القدرة تبدأ من بضعة واتات وحتى 100 وات او أكثر، اعتمادا علي حجم المنطقة التي تخدمها المحطة، او بمعني آخر عدد المكالمات المجابة على هذه المحطة (شكل 1). ويبث هوائي

المحطة حزما من الترددات التي تكون ضيقة في الاتجاه الرأسي، بينما تكون متسعة في الاتجاه الأفقي، لذلك تكون درجة التلوث الكهرومغناطيسي أسفل الهوائي مباشرة عند سطح الأرض ضعيفة جدا وتتزايد كلما تحركنا بعيدا عن المحطة، ثم تتناقص بعد ذلك.

7-4. الآثار الصحية للموجات الكهرومغناطيسية

أن تأثير هذه الإشعاعات - كما ذكر سالفا - يرجع إلي ثلاث عوامل وهي التردد والطاقة وزمن التعرض، فتأثير الطاقة الصغيرة في زمن تعرض طويل يعادل تأثير طاقة عالية في زمن تعرض قصير بشرط ثبات تردد مصدر الإشعاع فبذلك يستطيع مستخدم التليفون المحمول بتقصير زمن المكالمة أن يقلل من زمن تعرضه، وذلك لزيادة أمانه، بينما لا يستطيع ساكني المباني المجاورة للمحطات مغادرة مساكنهم لتقليل زمن تعرضهم للإشعاعات (شكل7- 6).



شكل 7-6: التليفون المحمول كمصدر للتلوث الكهرومغناطيسي

وتعترف منظمة الصحة العالمية بأن هناك قلقاً عالمياً سببه وجود ارتباط بين التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية، وبعض الأمراض وتتفاوت درجة هذا القلق العالمي من بلد إلي آخر. ومما يؤكد ذلك تبني منظمة الصحة العالمية عام 1996 مشروعاً دوليا لدراسة الآثار الصحية للمجالات الكهرومغناطيسية، الصادرة عن محطات وخطوط كهرباء الضغط العالي، ومحطات البث الإذاعي والتليفزيوني، والرادارات والتليفون المحمول.

ونتيجة لتوزع الترددات الراديوية علي مدي واسع يقوم الباحثون بتقسيمها إلي مجموعات فرعية، ويختلف معيار الأمان، والذي يعرف علي أنه درجة التلوث المسموح بها او الجرعة المسموح التعرض لها، من مجموعة إلي أخرى كما يلي:

1- الترددات الراديوية أقل من 1 ميجا هيرتز والمستويات المنخفضة قد تنتج ارتفاعا في درجة الحرارة ولكن الجلد البشري يعمل كمنظم حرارة طبيعي لذا يتم التخلص من الحرارة الزائدة عبر الجلد. كما أنها تسبب سريان تيار كهربي داخل الأنسجة. وقياس جرعة الإشعاع المسموح بها في هذه الحالة يحسب من خلال ما يعرف بكثافة التيار التي تعرف بالتيار الكهربي الذي يقطع وحدة المساحات عموديا عليها خلال زمن واحد ثانية، ووحدة قياسها أمبير لكل متر مربع.

2- الترددات أكبر من 1 ميجا هيرتز تسبب ارتفاعا في درجة حرارة الجسم لأنها تخترق الجلد وتعمل علي تحريك الأيونات وجزيئات الماء خلال الجسم (شكل 13). ويعتمد عمق الاختراق علي تردد المجال، فكلما كان التردد صغيرا زاد عمق الاختراق. وقد وضع معيار الأمان لهذا المدى من الترددات من خلال ما يعرف بمعدل الامتصاص النوعي، ويعرف بأنه كمية الطاقة التي تمتصها وحدة الكتل خلال زمن قدره واحد ثانية، وبالتالي فان وحدة القياس لها هي وات لكل كيلو جرام. ويختلف معيار الأمان من بلد لآخر ففي حين تعترف ألمانيا بمعدل امتصاص قيمته 2 وات لكل كيلو جرام، فإن لجنة الرقابة الأمريكية تقر بمعدل امتصاص لا يتعدي 1.6 وات لكل كيلو جرام. ويذكر أن الحرارة المستحثة الناتجة نتيجة التعرض لمجال راديوي قد تسبب نقصا في القدرة البدنية والذهنية وتؤثر في تطور ونمو الجنين وقد تحدث عيوبا خلقية، كما قد تؤثر على خصوبة النساء.

3- الترددات فوق 10 جيجا هيرتز ذات كثافة طاقة أكبر من 1000 وات لكل متر مربع تتسبب في الاصابة بمرض عتامة العين (المياه البيضاء او الكتاراكت)،

كما قد تسبب حروقا في الجلد. وهذه الكثافة أمر يكاد يكون غير موجود في الطبيعة إلا بالقرب من بعض الرادارات القوية. وقد وضع معيار الأمان هنا من خلال كثافة الطاقة ووحدة القياس هي وات لكل متر مربع. وتتفاوت معايير الأمان بشكل ملحوظ من بلد إلي آخر، ويتفاوت الاهتمام بالآثار الصحية التي يمكن أن يسببها التعرض لمجال الترددات الراديوية فوق حدود الأمان. فبينما تهتم دول مثل روسيا وكوبا وإيطاليا بموضوع الترددات المنخفضة جدا (أقل من 300 هيرتز)، والتي ترتبط أساسا بشبكات نقل وتوزيع الكهرباء، وتهتم دول أخرى بمحطات الإذاعة والتليفزيون ومحطات التليفون المحمول، بينما لا تعتبر بلدان أخرى المسألة هامة من الأساس.

ولازال التأثير الصحي لإشعاعات محطات التليفون المحمول محط اهتمام قطاعات واسعة من المنظمات الأهلية والحكومية ومن كافة فئات الشعب، وفي هذا السياق من يجب مراعاة اختلاف الآثار الصحية طبقا لاختلاف المدى والتردد. فبالنسبة للترددات المنخفضة جدا أي أقل من 300 هيرتز دعي المؤتمر الدولي الذي عقد في جنيف عام 1997 إلي مواصلة البحوث حول مدي ارتباط المجالات الكهرومغناطيسية منخفضة الترددات وبعض الأمراض مثل سرطان الدم (اللوكيميا) عند الأطفال وسرطان الثدي عند النساء وأمراض الجهاز العصبي المركزي ومنها الزهايمر، فهناك دراسات عديدة حول إصابة الأطفال الذين يسكنون بجوار خطوط القوي الكهربائية ذات الجهد العالي بسرطان الدم أكثر من غيرهم ساكني المناطق الأخرى فقد أظهرت الدراسات التي أجريت علي مئات الأطفال الذين يعيشون بالقرب من تلك الخطوط أنهم يتعرضون للإصابة بأمراض الجهاز العصبي وسرطان الدم ضعف الأطفال الآخرين الذين يسكنون بعيدا عن هذه الخطوط، حيث قد تزيد نسبة إصابة الأطفال بسرطان الدم بنحو 375% إذا كانوا يعيشون في حدود 50 متراً من خطوط الجهد العالي [1، 2].

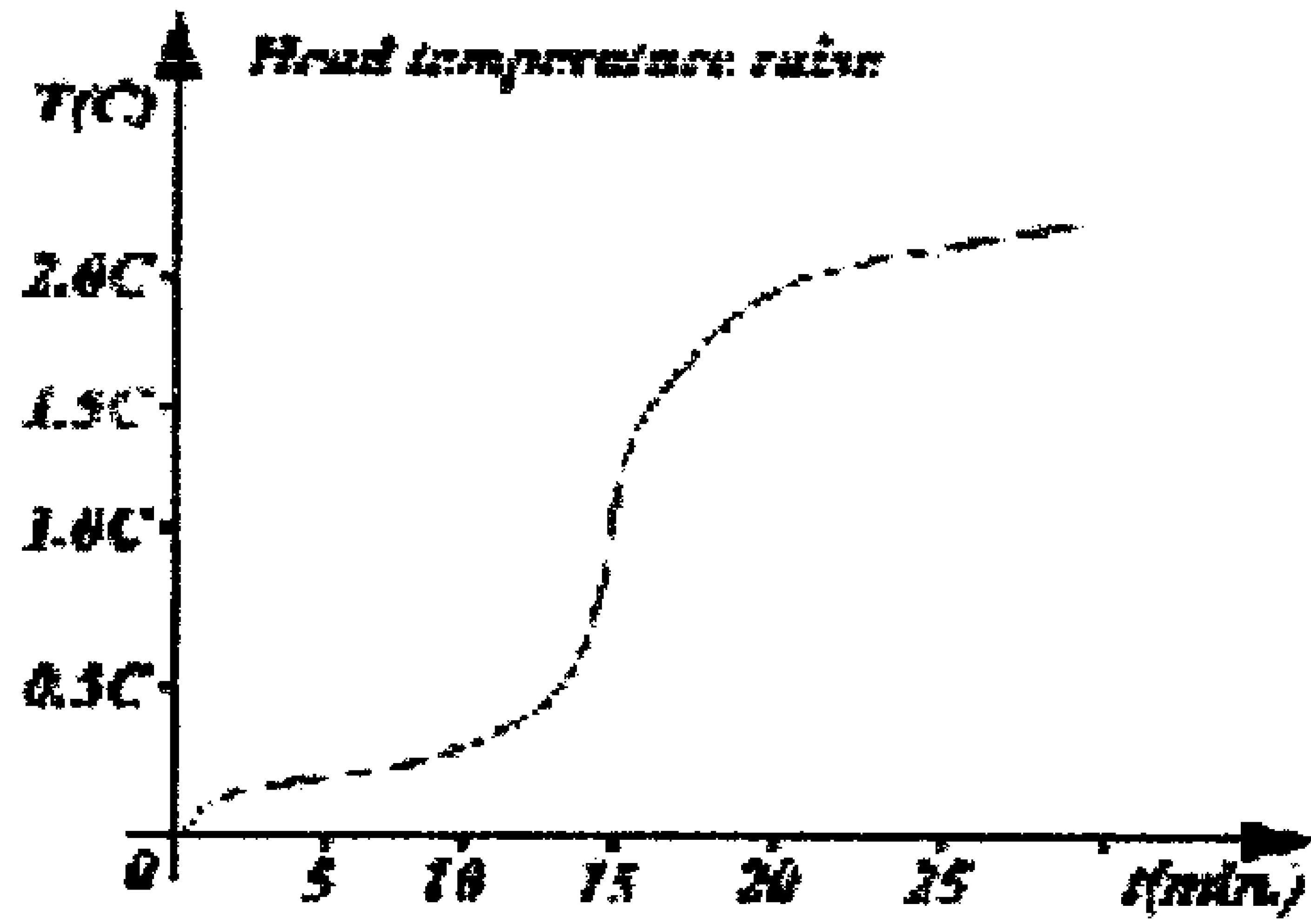
أما بالنسبة لترددات الرادارات فقد أكدت تجارب أجريت في الاتحاد السوفيتي السابق أن التعرض لموجات الرادار لفترة طويلة قد يؤدي للصداع والإجهاد العصبي كما قد يؤدي لفقدان الذاكرة. فضلا عن تزايد احتمالات الإصابة بالسرطان وهو الأمر الذي أكدته تجربة أجريت علي فئران التجارب التي تم تعريضها لتيار متقطع من أشعة الرادار، كانت النتيجة أن 40% من الفئران قد دمرت خلاياها التناسلية تماما، كما أصيب نحو 35% منها بسرطان الدم. أما التعرض لإشعاعات بمستوي 120 ملي وات/سم2 فقد يؤثر علي وظيفة إفراز الهرمونات من الغدة النخامية وهو ما يؤثر علي الخصوبة. كذلك فإن التعرض لمستويات عالية بجرعات تراكمية قد يتسبب في ظهور الدوار وسرعة الشعور بالإجهاد وانخفاض معدل التركيز الذهني وكذلك تخيل أصوات صادرة من الرأس او بالقرب منها. أما بالنسبة لموجات الميكروويف القصيرة فمن خلال تجربة عملية تم توجيه مجال ميكروويفي في حدود 100 ملي وات/سم2 لمدة أربعة ساعات علي مجموعة من أرانب التجارب لبيان التأثير الضار لهذه الترددات، حيث لوحظ أن درجة حرارة سائل العين قد ارتفعت بشكل ملحوظ وإصابة الكثير من هذه الأرانب بعد حوالي أسبوع بالمياه البيضاء. كذلك أكدت دراسات أخرى علي أن التعرض للطاقات العالية من الميكروويف يزيد من احتمالات حدوث سرطانات في الأنسجة.

أما بالنسبة للآثار الصحية لمحطات البث الإذاعي والتليفزيوني، فيمكن أن يسبب التعرض لمستويات مرتفعة من الترددات الراديوية الناتجة من أبراج بث وتقوية تلك المحطات الإصابة ببغض الحالات المرضية. وقد اوضحت الدراسة أن هناك زيادة في معدل الإصابة ببعض الحالات المرضية عن المعدل المعتاد، كما هو موضح بجدول (7-3).

جدول (7-3)

ارتفاع نسبة بعض الحالات المرضية نتيجة التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية

الحالة المرضية	الزيادة بمعدل الاصابة
الإصابة بالتشوهات الخلقية	%372
الإصابة بحساسية الجلد	%323
الإصابة بالصداع المزمن	%374
الإصابة بالتهابات المفاصل	%402
الإصابة بحساسية الصدر	%153
الإصابة بأمراض ضغط الدم	%120
الإصابة بمراض الجهاز الهضمي	%81
الإصابة بضعف الإبصار	%76



شكل العلاقة بين ارتفاع درجة حرارة الرأس وفترة التحدث

وبتحليل ومراعاة الظروف المعيشية والبيئية لأهالي المنطقة موضوع الدراسة لتفسير العوامل التي أدت إلي تزايد معدلات الإصابة بهذه الأمراض وجد أن هناك تشابه في ظروف هذه المناطق مع ظروف آلاف الأماكن الأخرى مما يشير إلي أن أبراج البث الإذاعي والتليفزيوني هي المسئولة عن الإصابة بتلك الأمراض. كما تشير الدراسات والأبحاث إلي أن التعرض لمستويات إشعاع أعلي من حدود الأمان يعرض السكان للخطر، الأمر الذي يبرر مخاوف السكان. من ناحية أخرى فإن المعايير المتفاوتة، من شأنها زيادة مخاوف السكان من آثار المجالات الكهرومغناطيسية. فبالرغم من أن البلدان تبدو حرة في اختيار نظام الأمان الذي تتبعه إلا أن تباين المعايير، ويبرر العديد من المخاوف، ففي بعض الدول هناك نظامان للأمان، اولها للعاملين في صناعةالأجهزة وصيانتها، والثاني للسكان المحليين، بينما في دول أخرى يختلط الأمر.

عندما تسقط الطاقة الكهرومغناطيسية على الأنسجة بيولوجية فأنه يتكون داخلها بفعل الحث الكهرومغناطيسي مجالان إحداهما مغناطيسي وشدته (H) والآخر كهربائي وشدته (E) حيث لا تقل قيمة أي من المجالين عند مرور الموجة الكهرومغناطيسية خلال مادة عازلة مثالية نظراً لأن تلك المادة لا تستهلك طاقة من الأشعة الساقطة عليها بمعنى أنه لا يحدث تأين لها بينما في حالة المادة العازلة التي

تتمتع بصفة الفقد يكون لها موصلية كبيرة مما يؤدي إلى حدوث تحرك للشحنات داخلها على شكل إلكترونات حرة او حدوث زيادة في تذبذب جزيئات المادة ويفسر حدوث هاتين العمليتين داخل المادة نتيجة انتقال الطاقة من المجال الكهرومغناطيسي للأشعة الساقطة إلي الوسط مما يؤدي إلى انخفاض شدة المجالين وهذا يعني حدوث امتصاص للأشعة الكهرومغناطيسية بواسطة المادة.

وقد اوضحت الدراسات أن هناك عددًا من العوامل التي تحدد مدى تأثر الجسم بالموجات الكهرومغناطيسية، وهي:

1- يزداد امتصاص هذه الطاقة الكهربية بزيادة الذبذبات الخاصة بالإشعاع.
2- تزداد كمية الامتصاص الأشعاعي بزيادة فترة التعرض له، كما تتأثر هذه الكمية بنوع الملبوسات؛ حيث يعمل بعضها كعاكس للموجات.
3- زيادة حركة الهواء المحيط بالجسم يقلل من تأثير الإشعاع.
4- يزداد تأثير الإشعاع بزيادة نسبة الرطوبة في الجو.
5- يزداد تأثير الإشعاع بزيادة درجة حرارة الجو المحيط.
6- يزداد تأثير الإشعاع في الأعضاء او الأنسجة التي تقل فيها كمية الدم بصفة عامة مثل العين.
7- كلما قل العمر زاد امتصاص الجسم للإشعاع؛ فالكمية التي يمتصها الطفل أكبر من التي يمتصها البالغ.

كما أن الأبحاث مستمرة حول تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على المخ والجينات الوراثية، وإذا ثبت تأثيرها الضار؛ فإن شركات التليفون المحمول التي تستثمر مليارات الدولارات سوف تغلق أبوابها. وإن ما توصلت إليه الأبحاث حتى الآن هو أن موجات التليفون المحمول تسبب القلق عند النوم بسبب تأثيرها على إفراز مادة الميلانونيين؛ ولذلك يجب غلقه إذا كان في حجرة النوم، كما أنه قد يؤدي إلى خفض ضغط الدم؛ ولذلك يجب عدم إطالة مدة المكالمة، خاصة أن تأثر المستخدم لجهاز التليفون المحمول بالموجات أكثر من تأثر المحيطين بمحطات المحمول.

كما أنه يجب إنشاء محطات المحمول بعيدًا عن المستشفيات والمدارس وذلك لأن تلك الموجات بصفة عامة خطر علي الصحة بلا جدال ومن هنا انطلقت الأبحاث لمعرفة التأثير الفعلي لأجهزة التليفون المحمول على صحة الإنسان، وكذلك تأثير المحطات القاعدية المستخدمة في إرسال واستقبال الموجات اللازمة لتشغيل التليفون المحمول، فمن المعروف أن هذه المحطات القاعدية تُقام في المدن فوق أسطح المنازل؛ حيث إن المحطة الواحد قادر على تغطية الإرسال والاستقبال في محيط دائرة حوله نصف قطرها بضعة كيلومترات؛ ولهذا لا بد من وضع العديد من المحطات حتى يتداخل مجال كل برج مع الآخر فتغطي الشبكة المدينة كلها.

إن المكتب الصحي التابع للحكومة البريطانية UK chief medical officers نصح بضرورة حظر استخدام التليفون المحمول عن الأطفال أقل من 16 عامًا، لأن الأطفال أقل من 16 عامًا يكون جهازهم العصبي في مراحل تكوينه، ونظراً لأن الأبحاث لم تنته في مجال التليفون المحمول والصحة، فإن الأطفال أقل من 16 عامًا هم الأكثر عرضة إلى أمراض الجهاز العصبي وخلل وظائف المخ، وذلك في حالة ثبوت الأضرار الناتجة عن استخدام التليفون المحمول؛ ولذلك ينصح المكتب الصحي الآباء والأمهات بضرورة حظر استخدام المحمول عن الأطفال أقل من 16 عامًا إلا في حالات الضرورة القصوى على أن تكون المكالمة قصيرة جدًّا.

7-5. مكافحة التلوث الكهرومغناطيسي

توجد وسائل عديدة لتقليل التلوث الصادرمنالأجهزة الكهرومغناطيسية ومنها الاتي:

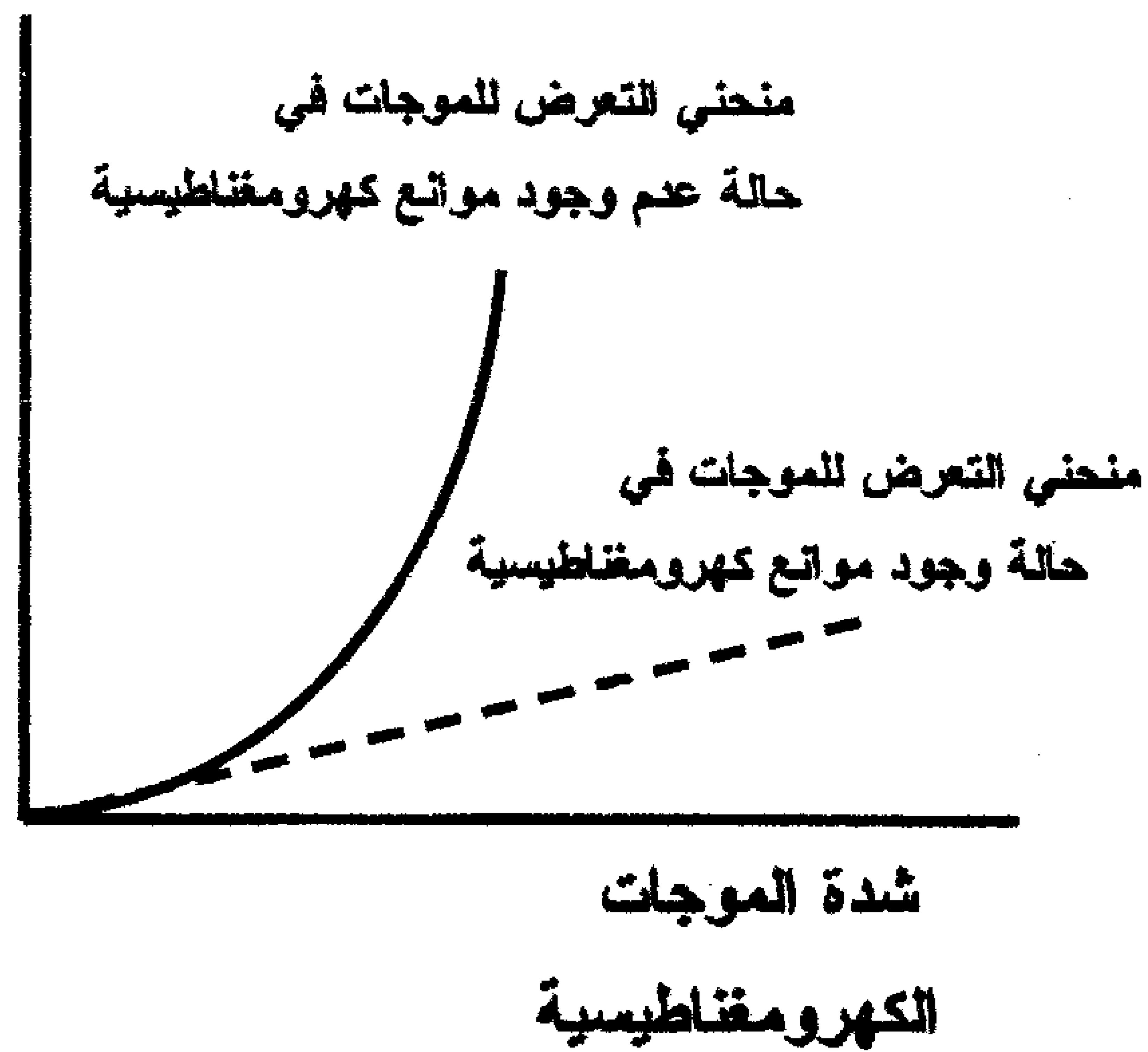
1- أستخدام الموانع الكهرومغناطيسية

يمكن عن طريق تغليف الأجهزة التي يصدرعنها موجات كهرومغناطيسية بأغلفة من مواد مانعة لنفاذ الموجات الكهرومغناطيسية وبالتالي منع وصول الموجات الكهرومغناطيسية الي الجسم، مما يمنع الاثار المترتبة علي وصولها.

لقد اثبتت الدراسات التي اجريت لمعرفة تأثير الموجات الكهرومغناطيسية علي بعض حيوانات التجارب عند استخدام الموانع الكهرومغناطيسية، وعند عدم استخدامها، وقد ادت هذه التجارب الي اثبات كفاءة الموانع الكهرومغناطيسية في تقليل الاثار السلبية للموجات الكهرومغناطيسية علي الخلايا والانسجة.

يمكن ايضاح الفارق بين التأثير الكهرومغناطيسي علي الخلايا في حالة عدم استخدام موانع كهرومغناطيسية، وفي حالة استخدام الموانع الكهرومغناطيسية وذلك من خلال استخدام قياسات خاصة، ويتم ترجمة هذه القياسات في صورة منحيات موجية توضح العلاقة بين الحالتين، ودرجة الخطورة الناتجة في الحالتين كما في المنحنى التالي:

درجة الخطورة



مخطط يبين العلاقة بين شدة الموجات الكهرومغناطيسية ودرجة الخطورة

2- دراسة أنتاج أجهزة تنتج موجات كهرومغناطيسية قليلة جدا

يدرس العلماء حاليا امكانية انتاج أجهزة تنتج موجات كهرومغناطيسية قليلة جدا تكاد تكون خالية من الموجات الكهرومغناطيسية، مما سيمنع الاثار السلبية لهذه

الموجات، وقد تم بالفعل انتاج بعض أجهزة التليفون المحمول ذات الموجات القليلة. وما زالت الدراسات العلمية تجري لاختيار الوسائل لانتاج مثل هذه النوعية منالأجهزة رغم تكاليفها المادية العالية جدا.

3- تفريغ الشحنات الكهرومغناطيسية من الجسم

نصح العلماء المواطنين القريبين من خطوط الضغط العالي للكهرباء والذين يتعرضون للموجات الكهرومغناطيسية بدرجات كبيرة بالسير حفاة الأقدام أطول فترة ممكنة.

قامـوس المصطلحـات العلميـة

A

عامل لا أحيائي Abiotic

مركب غير حي للبيئة مثل تربة، ماء، هواء، ضوء، مواد غذيةغيرعضوية.

التلوث المقبول Acceptable Pollution

التلوث المقبول هو درجة من درجات التلوث التي لا يتأثر بها توازن النظـــام الإيكولـــوجي ولا يكون مصحوبا بأي أخطار او مشاكل بيئية رئيسية.

المطر الحمضى Acid Rain

يحدث عندما تتفاعل أكاسيد الكبريت و النيتروجين المنبعثه من مصادر التلوث المختلفـــة (مثـــل مصادر حرق الوقود من المصانع ومحطات توليد القوى ووسائل المواصلات) مع بخار الماء فى الجو لتتحول إلى أحماض و مركبات حمضيه ذائبه تبقى معلقه فى الهواء حتى تتساقط مع ميـــاه الأمطار (او الضباب او الثلوج او البرد) مكونه ما يعرف بالأمطار الحامضيه التي تحتوي علـــى نوعين رئيسيين من الأحماض القوية وهي حمض الكبريتيك وحمض النيتريك. ويتسبب المطـــر الحامضي في العديد من الأضرار البيئية، حيث تتسبب في زيادة حامضية البحيرات والأنهار مما يؤدى إلى تأثر الكثير من الأحياء المائية التي لا تحتمل الحموضة، كما تسبب في زيادة حموضة التربة مما يؤدي إلى تغير صفاتها وبالتالي إمكانية تقليل قابليتها للزراعة. وتتسبب أيضاً الأمطار الحامضية في إتلاف بعض المنشآت عن طريق تسريع تآكل بعض مواد البنـــاء. وفـــى بعـــض المناطق التي تتميز بالجو الجاف فتلتصق المركبات الحمضيه سطح حبيبات الأتربه العالقه فـــى الهواء و تتساقط معها فيما يعرف بالترسيب الحمضى الجاف.

مستويات التأثير Action Level

هي المستويات المسموح بها من قبل حماية البيئة (EPA) لمتبقيات المبيـــدات فـــي الاغذيـــة او الاعلاف والناتجة عن اسباب اخري غير التطبيق المباشر للمبيدات وتقـــرر مســـتويات التـــأثير كدلالة علي المتبقيات الناتجة عن استخدام قانوني او حادث ملوث.

الحمأة المنشطة Activated Sludge

هو اصطلاح يطلق علي مجموعة الكائنات الدقيقة الحية التي لترى بالميكرسكوب وموجودة فـــي الطبيعة، وتكون في حالة نشطة فعالة، ويطلق علي طريقة المعالجة البيولوجية التي تعتمد علـــي

تلك الكائنات في المعالجة طريقة المعالجة بالحمأة والتي تعد من اشهر طرق المعالجة البيولوجية علي الاطلاق.والحمأة المنشطة لها القدرة علي استهلاك المواد العضوية كغذاء سواء كانت هـذه المواد عالقة او ذائبة في مياه المجاري، ونمو وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة والتصاقها بـالمواد العالقة يزيد من وزنها مما يسهل عملية فصلها من الماء المعالج بواسطة الترسيب في المروقات النهائية.

البخر والنتح الفعلي Actual Evaporation and Transudation

الحجم الكلي الفعلي للبخر من الأرض والأراضي الرطبة والكتل المائية الطبيعية ونتح النباتـات. ووفقاً لتعريف هذا المفهوم في الهيدرولوجيا فإن البخر والنتح المتولدين مـن جميـع التـدخلات البشرية يستبعدان، باستثناء الزراعة والحراجة دون ري. ويجب النتح الفعلي، باسـتخدام أنـواع مختلفة من النماذج الرياضيـة تتراوح بين اللوغاريتمات البسـيطة للغايـة (Budyko، Turn، Pyke، etc .) والمخططات التى تمثل الدورة الهيدرولوجية بالتفصيل.

الامتزاز (الادمصاص) Adsorption

هو احد الخواص الفيزيائية للمواد، حيث تنتشر المواد القابلة للامتزاز علي سطح المادة المـازة، وهي احدي الطرق المتقدمة لمعالجة المخلفات والملوثات بغرض ازالة بعض المواد العضوية من المياه او الهواء باستخدام مادة نشطة سطحيا مثل الكربون المنشط.

هوائي Aerobic

كائن حي قادر على العيش بوجود الأكسجين فقط، او عملية تحدث فقط بوجود أكسجين جزيئـي في الهواء او أكسجين مذاب في الماء.

البكتريا الهوائية Aerobic Bacteria

هي كائنات حية دقيقة تري فقط بالمجهر، وهي التي تنمو وتتكاثر فقط فـي وجـود الأكسـجين ويمتنع نموها في غيابه، ومن مميزات هذه البكتريا انها تتغذي علي المواد العضوية وتحللها الي غاز ثاني أكسيد الكربون وماء ونواتج اخري غير ضارة.واشهر هذه الأنواع من البكتريا.

Bacillus thermoliquifaciens، Pseudomonas delphini، non pathogenic Mycobacteria

الإيروسولات Aerosols

جسيمات عالقة في الغلاف الجوي في الحالة السائلة بحيث تتميز باستقرارها في مقاومة الجاذبية وبطء التخثر والتجمع لتكوين جسيمات أكبر وأثقل، وتحتوي كثير منها على مركبات الكبريـت.

تنبعث الإيروسولات من مصادر متعددة، منها المصادر الطبيعية مثل البراكين الثائرة، ومنها حرق الوقود الحفري. ويطلق تعبير الإيروسولات على عبوات الغاز المسال المضغوط التي تستخدم في تطبيقات كثيرة مثل المبيدات الحشرية وبعض المذيبات العضوية التي تستخدم في الأستخدامات المنزلية والتنظيف، حيث تنبعث عادة من هذه العبوات مركبات الهالوكربونات والكلوروفلوروكربون الملوثة للغلاف الجوي والتي تعتبر مواد خطرة (يرجى الرجوع الى تعريف الكلوروفلوروكربونCFCs.

الملوثات الثانوية للهواء Air Secondary Pollutants

هي تلك الملوثات التي تنتج عن وجود ملوثات اولية في الهواء Primary Pollutants وتتكون هذه الملوثات نتيجة للتفاعلات الكيميائية للملوثات الاولية في وجود الأكسجين والنتروجين وبخار الماء واشعة الشمس وغيرها،ومن اشهر ملوثات الهواء الثانوية الضباب (الدخاني والكيموضوئي) والمطر الحمضي.

الطحالب Algae

الطحالب كائنات اما وحيدة الخلية او متعددة الخلايا ذاتية التغذية تعتمد علي غذائها علي ضوء الشمس حيث تقوم بعملية البناء الضوئي، وللطحالب دور هام في المعالجة البيولوجية للمياه الملوثة وذلك لسبب وهوفي بحيرات الأكسدة بانتاجها الأكسجين من خلال عملية البناء الضوئي فتستهلك ثاني أكسيد الكربون وتنتج الأكسجين في وجود ضوء الشمس وذلك خلال النهار،، وتقوم البكتريا الهوائية باستهلاك الأكسجين المنتج بواسطة الطحالب داخل بحيرات الأكسدة الهوائية والمختلطة.

ونمو الطحالب غير المرغوب فيها، وايضا وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاذ الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للاختناق، ولو تسربت للارض تسبب تلوثا للمياه الجوفية.

ومن أهم اسباب تراكم الطحالب ونموها بكثرة في المياه هو وجود تركيزات عالية من المغذيات مثل الفسفور والنيتروجين، ولهذا ينصح العلماء بازالة النيتروجين من المياه المعالجة او ازالة الفسفور او كليهما.

البكتريا اللاهوائية Anaerobic Bacteria

هي كائنات حية دقيقة تري فقط بالمجهر، وهي التي تنمو وتتكاثر فقط في غياب الأكسجين ويمتنع نموها في وجوده، وقد تقتل هذه البكتريا اذا تطرق الأكسجين الي بيئتها، وتتميز هذه

البكتريا انها تتغذي علي المواد العضوية في عدم وجود الأكسجين الذائب وتحللها الي غازات متعفنة وسامة وقابلة للاشتعال مثل غازات اول أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والميثان والأمونيا ومجموعة اخري من الغازات المتعفنة والسامة.

البيئة المائية Aquatic Environment

كل الاجسام المائية على الكرة الأرضية وبخار الماء في الجو، وتمثل البيئة البحرية والمياه الداخلية بما فيها المياه الجوفية ومياه الينابيع والوديان وما بها من ثروات طبيعية ونباتات وأسماك وكائنات حية أخرى وما فوقها من هواء وما هو مقام فيها من منشآت او مشاريع ثابتة او متحركة.

الالتهاب الاسبستوسي Asbestosis

مرض مصاحب لاستنشاق الياف الاسبستوس ويؤدي هذا المرض لزيادة متوالية للمصاعب التنفسية وقد يكون مرضا مميتا او يسبب السرطان الرئوي.

الذرات Atoms

ومفردها ذرة (Atom)، وهى أصغر جزء من العنصر، يمكن أن يدخل في التفاعلات الكيميائية، دون أن ينقسم او يتجزأ. وتتكون الذرة من النواة، التي يحيط بها المسارات او المدارات الإلكترونية.

الغلاف الجوي Atmosphere

هو الجزء الغازى الذى يحيط بالكرةالأرضية و يتكون هذا الغلاف من النيتروجين (بنسبة 79.1%) و الأكسجين (بنسبة 20.9%) بالإضافه إلى كميات صغيره من ثانى أكسيد الكربون (بنسبة 0.036%) و غازات أخرى بتركيزات قليلة جداً أهمها (بخار الماء والهيدروجين والهليوم و الأرجون و الكربتون).

ويتكون الغلاف الهوائى من أربع طبقات طبقاً للخواص الكيميائية والحيوية:

1. التروبوسفير (Troposphere)
2. الستراتوسفير (Stratosphere)
3. المزوسفير (Mesosphere)
4. الثرموسفير (Thermosphere).

التنقية الذاتية للمياه خلال طبقات التربة Auto Purification across Soil Layers

هو قدرة التربة علي حجز الملوثات الدقيقة المحمولة مع جزيئات الماء والتي تحتجز علي مستوي الطبقات العليا للتربة لقد اثبتت التجارب ان اقصي عمق يمكن للملوثات ان تصل اليه هـو فـي حدود 2 متر من سطح الأرض اذا تعمل التربة علي تنقية المياه من الملوثات خلال طبقاتها وهو ما يعرف بقدرة التربة علي التنقية الذاتية.

الكائنات ذاتية التغذية Autotrophic Organisms

هي الكائنات الحية التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون كمصدر للكربون لانتاج مادتها العضـوية، وقد تستخدم هذه الكائنات الضوء كمصدر للطاقة او تحصل علي الطاقة اللازمة لها مـن اكسـدة المواد الكيميائية (مثل اكسدة المواد غير العضوية او تفاعلات الاختزال). ومـن اشـهر انـواع الكائنات الحية ذاتية التغذية الطحالب و بكتريا البناء الضوئي وبكتريا التأزت.

B

البكتريا Bacteria

وهي كائنات دقيقة وحيدة الخلية، يتكاثر معظم انواعها بالانقسام الثنائي، وبالرغم من ذلك هنـاك أنواع من البكتريا تتكاثر بالتكاثر الجنسي او بالتفرع.وحتي الان يوجد الاف الأنواع من البكتريا موجودة في الطبيعة، وعموما يندرج معظمها تحت ثلاث أنواع رئسية تبعا لشكلها وهي الكروية والآسطوانية (العصوية الشكل) والحلزونية (اللولبية).

وتعد البكتريا من اكثر الكائنات الممرضة في المياه الملوثة بمياه الصرف الصحي او الصـناعي وذلك لان اعدادها في السنتيمتر المكعب الواحد تعد بالملايين وانواعها بالالاف، كما ان للبكتريا دور هام واساسي في جميع عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي والصناعي.

البكتريولوجيا Bacteriology

علم يدرس كائنات حية ذات خلية واحدة تسمّى **البكتيريـا**. تسبب بعض أنواع البكتيريا أمراضـًـا خطيرة مثل الجذام والدرن) السل)، وبعضها الآخر مفيد وغير ضار. فمثلاً تساعد بعض البكتيريا على بقاء البيئة نقية ونظيفة بمساعدة الكائنات الميتة على التحلل. ويقوم علماء البكتيريا بدراسـة البكتيريا الضارة ليحددوا الطريقة التي تسبب الأمراض وكيف تكون الوقاية منها. كمـا يقومـون بدراسة البكتيريا النافعة ليتوصلوا إلى كيفية الأستفادة منها والسيطرة عليها.

مياه الإتزان (مياه الصابورة) Ballast Water

هو نظام لحفظ توازن السفن وهو ما يراعي عند تصميم السفينة حيث تحمل السفن وزنًا إضافيًا سائلاً يُسمى الصابورة. وبدون هذا السائل، قد تتقلب سفينة الشحن الفارغة وتجنح في المحيط كقطعة الفلين.

وتعد المياه الموجودة داخل صهريج على السفينة مصدرا للتلوث إذا كانت محتوياتها من الزيت تزيد على 15 جزءا فى المليون.

التركيز (التراكم) الحيوي Bioaccumulation

تراكم الملوثات في الكائنات الحية عن طريق الامتصاص أشو من خلال السلسلة الغذائية. وهذه الملوثات تكون مركبات لا تدخل في التمثيل الحيوي فتظل مستقرة في الكائن الحي مثل المعادن الثقيلة وبعض المركبات الصناعية. ويمكن عن طريق التركيز الحيوي الوصول إلى حالة البيئة من التلوث، ويتم ذلك غالباً للبيئة المائية حيث بتحليل الأسماك والأحياء المائية ودراسة وجود هذه الملوثات بها يمكن التوصل إلى تصور عن حالة البيئة المائية التي تتواجد فيها هذه الأحياء.

معامل التركيز الحيوي Bioconcentration Factor

هو معدل تركيز المادة في الكائن الحي (المختبر) بالنسبة للتركيز للبيئة المحيطة.

التحلل (الهدم) الحيوي Biodegradation

هو تحلل او هدم للمادة (القابلة للتحلل بيولوجيا) بفعل الكائنات الحية الدقيقة.

التنوع البيولوجى Biodiversity

التنوع البيولوجى يعنى تنوع جميع الكائنات الحية، والتفاعل فى ما بينها، بدءا بالكائنات الدقيقة التى لا نراها الا بواسطة الميكروسكوب، وانتهاء بالأشجار الكبيرة والحيتان الضخمة. والتنوع البيولوجى موجود فى كل مكان، فى الصحارى والمحيطات والأنهار والبحيرات والغابات. ولا أحد يعرف عدد أنواع الكائنات الحية على الأرض. فقد تراوحت التقديرات لهذه الأنواع بين 5 و80 مليون او أكثر، ولكن الرقم الأكثر إحتمالا هو 10 مليون نوع.

الغاز الحيوي Biogas

غاز ينتج من تخمر المواد العضوية عن طريق التثبيت اللاهوائي ويتم إنتاج الغاز الحيوي عن طريق تخمير المواد العضوية (مثل روث الحيوانات او الصرف الصحي او الحمأة) في اوعية محكمة لا تنفذ الهواء. كما يتم إنتاج الغاز الحيوي من بعض المدافن الصحية للمخلفات. ويغلب

على تركيب الغاز الحيوي غاز الميثان. ويستخدم الغاز الحيوي كوقود يمكن استخدامه في المواقد والإضاءة وتوليد الطاقة. وينتشر استخدام الغاز الحيوي كمصدر للطاقة في الأماكن الريفية عـن طريق تصنيع وحدات لاهوائية صغيرة لإنتاجه، خاصة في الريف الصيني والهندي. ويتميز الغاز الحيوي بأنه مصدر متجدد للطاقة لا ينتج عنه أضرار بيئية.

عمليات المعالجة البيولوجية Biological Treatment Processes

وهي طرق و عمليات المعالجة التي يتم فيها التخلص من الملوثات في المخلفات السـائلة وذلـك بفعل نشاط الكائنات الحية.

الدقيقة الميكرسكوبية Microorganisms

وتختص هذه المعالجة البيولوجية بازالة الموادالعضوية القابلة للتحلل بيولوجيـا عـن طريـق البكتريا سواء كانت هذه المواد العضوية غروية او ذائبة في مياه المجاري. وينتج من المعالجـة البيولوجية غازات كنواتج نهائية والتي تنطلق الي الهواء الجوي ونواتج اخري تدخل الي خلايـا الكائنات الدقيقة ومن ثم يسهل ترسيبها بعد ذلك.

وتستخدم المعالجة البيولوجية ايضا في التخلص من المغذيات (النتروجين والفسفور) وذلك مـن خلال عمليات التأزت Nitrification، وعكس التأزت Denitrification بالنسبة للنتروجين، وتحويل الفسفور الي مركبات ثابتة

يسهل الأستفادة منها في اغراض متعددة كالزراعة مثلا.

الاكسدة البيولوجية Biological Oxidation

هو تكسير وهدم بألاكسدة للمواد العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة، وتتمثل هذه العملية في التنقية الذاتية للمجاري المائية وفي المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي ومعالجة الرواسب الصلبة (الحمأة).

الأكسجين الحيوي المستهلك Biological Oxygen Demand BOD

يعتبر الأكسجين الحيوي المستهلك من أهم الأختبارات التي تحدد كفاءة المعالجة البيولوجية، فقيمة الأكسجين الحيوي المستهلك تحدد بدقةقيمة الحمل العضوي الموجود في المياه (مقـدار التلـوث العضوي).

ويعرف الأكسجين الحيوي المستهلك بأنه كمية الأكسجين الذي تستهلكه الكائنات الحيـة الدقيقـة لأكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا ويقدر بالمليجرام لكل لتر.

الملوثات الحيوية Biological Pollutants

وهو التلوث الحادث بفعل الكائنات الحية الدقيقة مثل الفيروسات والبكتريا والطفيليات التي تنتشر بشكل كبير في البيئات المختلفة مسببة اضرارا للانسان وبيئته، وايضا التلوث الذي تحدثه الكائنات الاخري التي تعد افات زراعية او صحية علي الإنسان والحيوان او النبات مثل النباتات المائية الضارة كورد النيل.

التلوث البيولوجي Biological Pollution

هو التلوث الذي يحدث للماء بفعل الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض، مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات والطحالب في المياه. وتنتج هذه الملوثات، في الغالب، عن اختلاط فضلات الإنسان والحيوان بالماء، بطريق مباشر عن طريق صرفها مباشرة في مسطحات المياه العذبة، او المالحة، او عن طريق غير مباشر عن طريق اختلاطها بماء صرف صحي او زراعي. ويؤدي وجود هذا النوع من التلوث، إلى الإصابة بالعديد من الأمراض. لذا، يجب عدم استخدام هذه المياه في الاغتسال او في الشرب، إلاّ بعد تعريضها للمعاملة بالمعقمات المختلفة، مثل الكلور والترشيح بالمرشحات الميكانيكية وغيرها من نظم المعالجة.

المعالجة الحيوية Bioremediation

هي استخدام الكائنات الحية لتنظيف بقع الزيت او ازالة الملوثات الاخري من التربة او من الماء او المجاري المائية او لتنقية مياه الصرف وايضا استخدامها لمقاومة وازالة الافات الصحية والزراعية او استعمالها كمضادات لامراض الاشجار والنباتات والحيوانات.

الغلاف الحيوى Biosphere

الحيز الذى توجد به الحياه في الكرة الأرضية ويضم هذا الغلاف الحياه فى أعماق المحيطات و على سطح الأرض و على قمم الجبال و لا يزيد أقصى سمك له على 14كم. ويشمل الغلاف الحيوى جميع الكائنات الحيه على اختلاف أنواعها.

ويمكن تعريفها ايضا بانها هي تلك الطبقة الرقيقة من التربة والماء والهواء التي تغطي سطح الكرة الأرضية وتتواجد فيها كل صور الحياة.

C

مادة مسرطنة Carcinogen

اي مادة يمكن ان تسبب في احداث او تفاقم السرطان.

الخلية Cell

هي وحدة التركيب و الوظيفة في الكائنات الحية فجسم الإنسان مكون من اجهزة والاجهزة مكونة من اعضاء والاعضاء مكنوة من انسجة والانسجة مكونة من خلايا.

الأكسجين الكيمائي المستهلك Chemical Oxygen Demand COD

ويعرف الأكسجين الكيمائي المستهلك بانه كمية الأكسجين المطلوبة لاكسدة وتكسير المواد العضوية بالتفاعل الكيميائي.

ولهذا فان الأكسجين الكيمائي المستهلك يعتبرفياس للمواد العضوية (القابلة للتحلل والتأكسد بيولوجيا وغير القابلة للتحلل بيولوجيا)، لذلك فقيمة الأكسجين الكيمائي المستهلك أكبر او تساوي الأكسجين الحيوي المستهلك ولا يمكن ان يكون الأكسجين الحيوي أكبر من الكيميائي.

التلوث الكيميائي Chemical Pollution

هو التلوث الذي يحدث للماء بفعل المركبات والمواد الكيميائية مما يغير من الحواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للماء.

وينتج هذا التلوث غالباً عن ازدياد الأنشطة الصناعية، او الزراعية، بالقرب من المسطحات المائية، مما يؤدي إلى تسرب المواد الكيميائية المختلفة إليها.

تفاعل كيميائي Chemical Reaction

تغير يطرأ على المواد، ويشمل تكسير روابط وإعادة تكوين روابط كيميائية وتترتب فيها الذرات بطريقة ينتج عنها مواد جديدة تختلف في خصائصها عن المواد المتفاعلة.

عمليات المعالجة الكيميائية Chemical Treatment Processes

وهي طرق و عمليات المعالجة التي يتم فيها ازالة او تحويل ملوثات المخلفات السائلة عن طريق اضافة الكيماويات او عن طريق التفاعلات الكيمائية، ومن أمثلة هذه العمليات الكيميائية الترسيب الكيميائي والادمصاص والتطهير وهذه العمليات السالف ذكرها من اكثر العمليات شيوعا في معالجة مياه الصرف الصحي.

الكلورة Chlorination

تدمير وقتل الكائنات الممرضة باستخدام الكلور او مركباته، كأحد اكثر الطرق شيوعا في تطهير مياه الصرف الصحي.

كلورو فلورو كربون CFCs

هى عائلة من المركبات العضوية تتكون من الكلور و الهيدروجين و الفلور و الكربون تستخدم على نطاق واسع فى المبردات ومكيفات الهواء وتستخدم أيضاً كمذيبات عضوية وكمادة دافعة للإيروسولات وفي المواد العازلة ومواد التغليف. وتتصاعد مركبات الكلوروفلوروكربون في الحالة الغازية إلى طبقات الجو العليا (طبقة الستراتوسفير) حيث تتحلل مركبات الكلوروفلوروكربون بفعل الأشعة فوق البنفسجية القوية فتتحرر ذرات الكلور لتتفاعل مع الاوزون (في طبقة الاوزون) فيتسبب ذلك في اضمحلال طبقة الاوززن فيما يعرف بثقب الاوزون. وبالرغم أن مركبات الكلوروفلوروكربون ليست مسجلة كمواد سامة، إلا أن خاصيتها في اضمحلال طبقة الاوزون جعل كثير من الدول تحظر استخدامها او تضع قيود ومحددات على استخدامها. و قد حث بروتوكول مونتريال على تخفيض او تقليل استخدام هذه المركبات على نطاق واسع.

المواد الغروية Colloidal matter

وهي جزء من المواد الصلبة يعرف بالمواد الغروية وهذه المواد تنتج من مخلفات المجازر والدهون والزيوت الذائبة في الماء وتسبب عكارة في الماء والمواد الغروية لا يمكن فصلها بالطرق الطبيعية مثل الترشيح او الميكانيكية.

الكلور المتبقي المتحد Combined Residual Chlorine

وهو الكلور الذي يوجد في الماء علي هيئة مركبات للكلور مع الأمونيا التي توجد اصلا في الماء او تضاف لي الماء قبل اضافة الكلور

التكثف Condensation

هو عملية تحول الماء من حالته الغازية (بخار) إلى سائل. والتكثف مهم بالنسبة لدورة الماء لأنه يشكل السحب التي تتسبب بدورها في تكثف البخار ليصبح مطراً او ندى، وهو الوسيلة الرئيسية لعودة الماء إلى الأرض. ولذلك فإن التكثف هو عكس التبخر تماماً.

الكائنات الحية المستهلكة Consumers

وهي التي تستعمل المواد العضوية المنتجة من قبل الكائنات ذاتية التغذية سواء بصورة مباشرة او غير مباشرة، وهي بذلك تعتبر غير ذاتية التغذية Heterotrophs، لأنها غير قادرة على إنتاج مركبتها العضوية اللازمة للأغراض الغذائية الأساسية، وهي تشتمل على الحيوانات والفطريات ومعظم البكتريا، ويتم تصنيف الكائنات الحية المستهلكة حسب مصدر غذائها إلى آكلات الأعشاب، وآكلات اللحوم وآكلات الأعشاب واللحوم.

المواد الملوثة للبيئة المائية

Contaminated Substances Of Aquatic Environment

هي أية مواد يترتب على تصريفها في البيئة المائية بطريقة مباشرة او غير مباشرة إرادية او غير إرادية تغيير في خصائصها على نحو يضر بالإنسان وبالكائنات الحية الأخرى او بالموارد الطبيعية او بالبيئة المائية او يضر بالمناطق السياحية او يتداخل مع الأستخدامات الأخرى المشروعة للبيئة المائية.

الأشعة الكونية Cosmic Rays

وهي الأشعة التي تفد إلينا من الفضاء الخارجي ومصدرها المجرات والشمس، وتقسم إلى ثلاثة أنواع :

- الأشعة الكونية الاولية: وتتألف من 87 % بروتونات و 12 % جسيمات ألفا و 1 % نوى عناصر ثقيلة مثل الكربون والأكسجين والنتروجين والكالسيوم والحديد، وتتواجد على ارتفاع 50 كم فأكثر وتقل كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض.
- الأشعة الكونية الثانوية: وهي نتاج تفاعل الأشعة الكونية الاولية مع الغلاف الجوي للأرض، وتتألف من فوتونات (إشعاع كهرطيسي) وإلكترونات و بروتونات ونيترونات، وتزداد كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض، فهي تتواجد على ارتفاع 20 كم فأقل. وفيما بين هذين الارتفاعين نجد خليطاً من نوعي الأشعة. -الأشعة الشمسية: وهي عبارة عن بروتونات تتدفق خارجة من الشمس عقب انبعاث توهجات نيرا نية تظهر على هيئة لسان كبير من سطحها، جزء من هذه الأشعة تكون طاقته كبيرة بحيث تكفي لإحداث تغيرات على سطح الأرض يمكن كشفها.

D

التلوث الخطر Dangerous Pollution

التلوث الخطر هو درجة من درجات التلوث الذي بدأ معه التأثير السلبي على العناصر البيئية الطبيعية والبشرية،حيث أن كمية ونوعية الملوثات تتعدى الحد الإيكولوجي الحرج.

المخلفات الخطرة Dangerous Waste

تتكون من المواد المطروحة التي قد تهدد صحة البشر والبيئة. ويعد المخلف خطرًا إذا ما تسبب في تآكل المواد الأخرى، او انفجر، او اشتعل بسهولة، او تفاعل بشدة مع الماء، او كان سامًا. وتشمل مصادر المخلفات الخطرة المصانع والمستشفيات والمعامل، وفي مقدورها أن تتسبب في إحداث الإصابات الفورية إذا ما تنفسها الناس او ابتلعوها او لمسوها.

نزع الكلور Dechlorination

ازالة الكلور الكلي المتبقي المتحد والذي قد يكون موجودا بعد عملية التطهير بالكلورة.

المحللات Decomposers

وهي كائنات لا يمكن اعتبارها ذاتية التغذية، لأنها لا تصنع غذائها من مواد لا عضوية، ولا يمكن اعتبارها كذلك كائنات مستهلكة، لأنها لا تتناول طعاماً جاهزاً، بل إنها تقوم بتحليل الكائنات الحية، وتشتمل المحللات على البكتريا والفطريات وتصنف حسب متطلباتها من الأكسجين إلى ثلاثة أنواع:

- الكائنات المحللة الهوائية Aerobes
- الكائنات المحللة اللا هوائية Anaerobes
- الكائنات المحللة الاختيارية Facultative Anaerobes

ازالة التلوث Decontamination

هو ازالة المواد الضارة الملوثة سواء كانت كيماوية او بيولوجية (كالكائنات الحية) او فيزيائية كالمواد المشعة وذلك من الأنظمة البيئية كالماء والهواء او التربة او من الاشخاص المعرضين للتلوث.

التعريف الشامل للتلوث Definition of Pollution

التعريف الشامل للتلوث يشمل كل النقاط التالية:

أي تغيير فيزيائي او كيميائي او بيولوجي مميز يؤدي إلى تأثير ضار على الهـواء او المـاء او الأرض او يضر بصحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى، وكذلك يؤدي إلى الإضرار بالعمليـة الإنتاجية كنتيجة للتأثير على حالة الموارد المتجددة.

هو تدمير او تشويه النقاء الطبيعي لكائنات حية او لجمادات بفعل عوامل خارجية منقولـة عـن طريق الجو او المياه او التربة

هو كل تغيير كمي او كيفي في مكونات البيئة الحية او غير الحية لا تقدر الأنظمة البيئية علـى استيعابه دون أن يختل اتزانها.

هو كل ما يؤدي نتيجة التكنولوجيا المستخدمة إلى إضافة مادة غريبة إلـى الهـواء او المـاء او الغلاف الأرضي في شكل كمي تؤدي إلى التأثير على نوعية الموارد وعدم ملاءمتهـا وفقـدانها خواصها او تؤثر على استقرار تلك الموارد.

هو إدخال إي مادة غير مألوفة إلى أي من الاوساط البيئية، وتؤدي هـذه المـادة الدخيلـة عنـد وصولها لتركيز ما إلى حدوث تغيير في نوعية وخواص تلك الاوساط.

إدخال مواد او طاقة بواسطة الإنسان سواء بطريق مباشر او غير مباشر إلى البيئة بحيث يترتب عليها آثارة ضارة من شأنها أن تهدد الصحة الإنسان ية، او تضر بالموارد الحية او بالنظم البيئية او تنال من قيم التمتع بالبيئة او تعوق الأستخدامات الأخرى المشروعة لها.

التلوث المدمر Destructive Pollution

يمثل التلوث المدمر المرحلة التي ينهار فيها النظام الإيكولوجي ويصبح غير قادر على العطـاء نظرا لإختلاف مستوى الإتزان بشكل جذري. وقد ينهار النظام البيئي كليا مـن تـأثير التلـوث المدمر ويحتاج الي عدة سنوات طويلة لإعادة اتزانه.

الديوكسين Dioxins

مجموعة مواد خطرة سامة ومسببة للسرطان وهي من الناحية الكيمائية مواد عضوية تتكون من حلقتين من حلقات البنزين. تنتج مواد الديوكسين كمنتج ثانوي من إنتاج نوع من أنواع مبيـدات الأعشاب، كما تنبعث مواد الديوكسين كنتيجة لحرق المواد العضوية المكلـورة (مثـل مخلفـات البلاستيك من نوع PVC) والتي توجد في القمامة والمخلفات الصناعية. وتتميز مواد الديوكسين

بشدة السمية حيث أن تركيزات منخفضة نسبياً من الديوكسين تعتبر جرعات قاتلة لكثير من الكائنات الحية.

المغذيات النباتية المذابة في ماء البحر Dissolved Sea Nutrients

تحتاج النباتات البحرية إلى جانب الضوء، إلى العديد من العناصر المذابة في المياه. منها ما يوجد بوفرة مثل ثاني أكسيد الكربون CO_2، والكالسيوم Ca^{++} ، والصوديوم Na^+ ، والبوتاسيوم K^{++} ، والماغنسيوم Mg^{++} ، والسلفات SO_4^{--} ، ولكن هناك عناصر أخرى يطلق عليها المغذيات قليلة في مياه البحر وهي بالتحديد مركبات النيتروجين Nitrogen compounds، والفوسفور Phosphoresces، والسليكا Silica. تستهلك المغذيات في الطبقة السطحية من المياه بواسطة النباتات لتوفر ضوء الشمس. وتحد قلة المغذيات في هذه الطبقة من تكاثر البلانكتون النباتي رغم توفر ضوء الشمس.

عملية التطهير Disinfection

التطهير هو التدمير والقتل النوعي المنتخب للكائنات المسببة للامراض، والمياه المعالجة الناتجة من محطات تنقية الصرف الصحي بها العديد من الكائنات الممرضة ولهذا يلزم تطهيرها قبل صرفها واعادة استخدامها

وتتم عملية التطهير باضافة جرعة الكلور اللازمة الي المياه خلال غرفة التلامس في مدة مكث تتراوح بين 20 الي 30 دقيقة.

الأكسجين الذائب Dissolved Oxygen

يحتوي الهواء الجوي علي حوالي 20 في المائة من حجمه علي غاز الأكسجين، وعند احتكاك الماء بالهواء فان نسبة من ذلك الأكسجين تذوب في الماء ويعرف بالأكسجين الذائب، وللاكسجين الذائب اهمية كبري في حياه الكائنات المائية ، اذا تستخلص كثير من الكائنات الأكسجين الذائب من المياه.

الغازات الذائبة في المياه Dissolved Gases in Water

تحتوي المياه علي بعض الغازات الذائبة والتي قد تاتي مع مياه الأمطار فلمياه الأمطار القدرة الفائقة علي اذابة الغازات مثل غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو حتي قبل ان تصل هذه المياه الي سطح الأرض، كما انها قد تذيب بعض الغازات الاخري الموجودة في الجو.

مياه مقطرة Distilled Water

ويتم الحصول عليها بالتقطير لكنها تستخدم في المعامل الكيميائية من أجل التجارب وليس للشرب.

E

الاثر الايكولوجي Ecological Impact

هو التأثير الذي يحدثه الإنسان او النشاط الطبيعي عند الكائنات الحية والمكونات البيئية غير الحية.

النظام الإيكولوجى Ecosystem

منظومة معقدة مكونة من النباتات والحيوانات والفطريات والكائنات المجهرية والجمادات من الكيماويات والظروف الطبيعية والجيولوجية التي تدخل في العمليات الحيوية لهذه الكائنات الحية. ويحدث في النظام الإيكولوجي عمليات معقده و متشابكه و مترابطه تتميز بالعديد من المسارات التى تؤدى إلى تغير معدلات نمو الجماعات الحيه و تصل بها إلى حاله مستقره من التوازن فى اطار النظام ككل. وأي عملية تحدث لأي عنصر من عناصر السلسلة الغذائية مثل استخدام مبيد يكون له تأثير على باقي عناصر النظام الإيكولوجي. ولا توجد حدود معينة للنظام الإيكولوجي، ولكن يمكن فرض حدود بغرض الدراسة البحثية حسب نوع الدراسة المطلوبة والنتائج المتوقعة.

التوصلية الكهربائية Electrical Conductivity

قياس مدى قابلية نقل وتوصيل الماء للتيار الكهربائي بوحدةالميكروسيمنز/ سم؛ إذ انه كلما كان تركيز المواد الصلبة الذائبة في الماء اكبر كلما كان قابلية الماء لنقل التيارالكهربائي أكبر. ويمكن تحويل الموصلية الكهربائية المقيسة بوحد الميكروسيمنز/ سم إلى الوحدة (ملي جرام / لتر) بضربها في ثابت معين حسب نسبة وتركيز الاملاح الكلية الذائبة في المياه.

الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum

الطيف الكهرومغناطيسي هوالسلسلة التي تتكون من مجمل حزم الموجات الأشعاعية المختلفة في الطول Wave Length و التردد Frequency والتي تنبعث من الإجسام المادية المنشطة التي تشع فيما حولها كموجات اشعاعية حاملة كمية معينة من الطاقة، ويتكون الشعاع المنبعث من مجالين متآلفين (مترافقين دائما) من الطاقة Energy، هما: الطاقة الكهربائية او المجال الكهربائي Field Electrical والطاقة المغناطيسية او المجال الكهرومغناطيسي Magnetic Field، وهذان المجالان يكونان في ترافقهما متعامدين دائما.

الانبعاث Emission

هو تشتت المادة خارج منطقة التطبيق الفعلية، وقد يكون هذا التحرك الغير مرغوب فيه راجعا للانجراف، ويعبر ايضا عن التلوث المنصرف في الغلاف الجوي من المداخن وغيرها من المنافذ،مثل مسطحات لوازم الأنشطة التجارية والصناعية ومواقد ومداخن المنازل ومواتير المركبات والقاطرات او البخار المنطلق من الطائرات.

البيئة Environment

عرفت البيئة بعدة تعريفات، فعرفتها هيئة حماية البيئة الأمريكية ب "مجموعة العناصر (والمنظومة المعقدة التي تجمعها) التي تجعل الأشياء والظروف المحيطة بحياة الأفراد والمجتمعات كما يتم معاينتها". وعرفها الإتحاد الاوروبي أنها "هي اجمالى الأشياء التى تحيط بحياة الإنسان وتؤثر في الأفراد والمجتمعات". وتشمل البيئة على ذلك الموارد الطبيعية (البيئة الطبيعية) من الهواء والماء والتربة والمباني الحضرية (البيئة الحضرية) والظروف المحيطة بمكان العمل (بيئة العمل) وتشمل كذلك الكائنات الحية من نبات وحيوان والكائنات المجهرية.

المراقبة البيئية الحيوية Environmental Biological Monitoring

هي استخداك الكائن الحي في المراقبة البيئة حيث ان وجود الملوث داخل الكائن الحي يعكس ويدل علي مستوي الملوث بالبيئة المحيطة بالكائن الحي.

الكيمياء البيئة Environmental Chemistry

الكيمياء البيئية هو الفرع منالعلوم الذي يدرس مكونات البيئة من الناحية الكيميائية وتفاعلاتها وكذلك الطبيعة الكيميائية للملوثات البيئية والطرق الكيميائية لمعالجتها.

الجريمة البيئية Environmental Crime

الجريمة البيئية بأنها كل فعل او إمتناع عن فعل يصدر عن شخص عام او خاص على المستويين المحلي والدولي، ويحدث مساسا بالتوازن البيئي او بموارد البيئة الطبيعية والاجتماعية بما يؤدي إلى حدوث ضرر ما مباشر او غير مباشر او يشكل خطرا يهدد صحة الإنسان وأمنه ومن ثم يتضرر عنه بعض او كل البشر، طبقا لنصوص القانون المحلي او الإتفاقيات الدولية.

الكوارث البيئية Environmental Disasters

الحادث الناتج ظروف طبيعية او من فعل الإنسان وينتج عنه ضرر بالغ بالبيئة لا يمكن احتواؤه بالإمكانية المحلية في موقع الحادث. وبهذا يمكن تقسيم الكوارث البيئية إلى كوارث طبيعية مثل الجفاف والمد البحري والفياضانات، وكوارث من فعل الإنسان سواء بالخطأ مثل حدوث تسرب

غازات سامة من مصنع كيماويات او تسرب النفط من ناقلة نفط او من فعل الإنسان بالفعل مثل ما يحدث في الحروب من استخدام أسلحة الدمار الشامل. وتعد العديد من الدول خطط مسبقة لإدارة الكوارث البيئية بحيث إذا حدثت الكارثة يمكن تقليل الخسائر الحادثة بالمواجهة المبكرة والمدروسة للكارثة.

التأثير البيئي للانسان Environmental Effect

أي تغير في البيئة ضار أو مفيد، كلي أو جزئي، وتسببت فيه أنشطة الإنسان أو منتجاته أو خدماته.

العوامل البيئية المحددة Environmental Limiting Factors

هو العامل البيئي الضروري للحياة اي انه إذا غاب هذا العامل أو إنخفض عن حده الأدني أو ذاد عن حده الأقصي يسبب مشاكل تؤدي لموت هذا الكائن أو تؤثر علي العمليات التمثيلية Metabolism مما تقلل من نشاطه العادي.

علم السموم البيئية Environmental Toxicology

هو دراسة التأثيرات الكيماوية الضارة على النظام البيئي. في البيئات الطبيعية، تتفاعل الكائنات الحية (نباتات، حيوانات، المجهريات) بالعديد من الطرق المعقدة بأشياء غير حية (الهواء، الماء، التربة). علماء السموم البيئيين يتتبعون حركة الكيماويات خلال (الهواء، الماء، التربة)، ويقيموا تأثير المواد، ليس فقط على صحة الإنسان، ولكن على الأفراد والسكان والجماعات ضمن النظام البيئي. بعض المواد، مثل (DDT)والتي لا تشكل تهديد حيوي للبشر، قد تؤذي بعض الحيوانات. بعض المواد الأخرى تسبب القلق بسبب استمرار وجودها في البيئة.

التبخر Evaporation

هو العملية التي يتحول بموجبها الماء من سائل إلى غاز او بخار، ويعد الطريقة الرئيسة لانتقال المياه مرة أخرى إلى دورة الماء، لتصبح بخار ماء داخل الغلاف الجوي. وتوفر المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار حوالي 90% من الرطوبة الموجودة في الغلاف الجوي عن طريق التبخر، في حين أن نسبة الـ 10% المتبقية تأتي من ارتشاح النباتات.

الاثراء الغذائي Eutrophication

ظاهرة تحدث في مسطحات المياه تنمو فيها الطحالب والنباتات العالقة بشكل كثيف بحيث يصبح المسطح المائي مغطى تماماً بهذه النباتات ويبدو وكأنه جزء من اليابسة. يحدث التخثر عادة لزيادة تركيز مركبات النيتروجين والفسفور (غالباً نتيجة لتصرفات ملوثة من الصرف الصحي

العشب، ثم تنتقل بعد ذلك الى الحيوانات الآكلة للحوم. وعندما يتلوث أحـد مكونـات السلسـلة الغذائية بملوث مقاوم للتغير (مثل المعادن كالزئبق والكادميوم مثلاً) فينتقل ذلك الملـوث خـلال السلسلة الغذائية وينتشر، وينتج عن ذلك ما يعرف بالتركيز الحيوي.

التسمم الغذائي Food poisoning

بأنه حالة مرضية مفاجئة تظهر أعراضها خلال مدة تتراوح ما بين ساعة واحدة و ثلاثة ايام على شخص او عدة أشخاص عقب تناولهم أغذية ملوثة بالبكتيريا،او السموم التي تنتجها هذه الكائنات، وايضا الملوثة بأنواع مختلفة من الفيروسات والطفيليات ومواد كيماوية سامة مثل التسمم النـاتج عن تناول الفطر. وتشمل ألاعراض اقياءاً و اسهالاً و مغصاً و ارتفاع حرارة.

الكلور المتبقي الحر Free Residual Chlorine

وهو الكلور الذي يوجد في المياه علي صورة حرة علي هيئة حمض الهيبوكلورس والذي ينـتج من تفاعل الكلور مع الماء.

الفطريات Fungi

الفطريات كائنات متعددة الخلايا وليست كائنات ضوئية (لا تحصل علي غذائها من عملية البناء الضوئي)، وتتكاثر الفطريات بثلاث طرق بالتكاثر الجنسي او اللاجنسي (بالنقسام وبالتفرع) او بالابواغ. معظم الفطريات كائنات هوائية تنشط وتنمو في وجود الأكسجين ولها القدرة علي العيش وجود نسبة رطوبة قليلة، ويمكنها التغلب علي الظروف البيئية الصعبة مثل التغير في قيمة الآس الهيدروجيني.

G

الحالة الغازية للماء Gaseous State of Water

يكون فيها الماء على شكل بخار، ويكون الماء بالحالة الغازية بدرجات حرارة مختلفة تبعا للضغط الجوي.

الهندسة الوراثية Genetic Engineering

مصطلح يُطلق على التقنية التي تغير الموّرثات (الجينات) الموجودة داخل جسم الكـائن الحـي. تحتوي خلايا كل الكائنات الحية على مجموعة من هذه المورثات التي تحمل معلومات كيميائيـة تحدد خصائص وصفات هذا الكائن. وقد استطاع العلماء ـ عن طريق تغيير مورثـات الكـائن الحي ـ إكساب الكائن وأحفاده سِمَات مختلفة.

ظاهرة تأثير البيت الزجاجي Greenhouse Effect

تأثير يحدث بسبب غازات متعددة تنبعث من مصادر التلوث (يطلق عليها مصطلح غازات البيت الزجاجي) بحيث تحدث تأثير غلاف حول الأرض يسمح بدخول أشعة الشمس فتعمل على تسخين الأرض فتنبعث من الأرض موجات حرارية (أشعة تحت حمراء) إلى الفضاء الخارحي، ولكن تمتص غازات البيت الزجاجي هذه الأشعة تحت الحمراء وتمنع خروج معظمها من الغلاف الجوي للفضاء الخارجي. ويشبه هذا التأثير التأثر الذي يحدثه البيت الزجاجي (او الصوب الزراعية) في المزروعات للحفاظ عليها في درجات حرارة محددة. وقد تسببت ظاهرة البيت الزجاجي في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري (الرجاء الرجوع لتعريف الاحتباس الحراري). وغازات البيت الزجاجي الرئيسية هي ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والميثان والاوزون وأكسيد النيتروز والغازات العضوية مثل الكلوروفلوروكربون (CFCs) التي تنبعث من مصادر التلوث المختلفة مثل المصانع ومحطات توليد الطاقة ووسائل النقل.

المياه الجوفية Groundwater

هي تلك المياه الموجودة تحت منسوب سطح الأرض، وتشغل كل او بعض الفراغات الموجودة في التكوينات الصخرية، وهي في الأصل جزء من مياه الأمطار او مياه الانهار او المياه الناتجة عن ذوبان الجليد وتسرب قسما من مياهه الى باطن الأرض مكونة المياه الجوفية.

H

صحة البيئة Health of Environment

يعرف مفهوم الصحة البيئية علي انها توافر الموطن البيئي السليم والمستقر لنوع معين من الكائنات الحية وعلي راسها الإنسان بخيث يستطيع ان يعيش حياته بشكل سليم وأن يحافظ علي بيئته سليمة.

المعادن الثقيلة Heavy Metals

وتعرف بأنها تلك العناصر التي تزيد كثافتها على خمسة أضعاف كثافة الماء 5 مجم /سم3 المكعب وهي لها تاثيرات سلبية على البيئة عند الأفراط في استخدامها كما تؤثر على صحة الإنسان والحيوان والنبات وأن جميع هذه المعادن تشترك كثيرا في صفاتها الطبيعية الاان تفاعلاتها الكيميائية مختلفة وينطبق هدا على اثارها البيئية فبعض هذه المعادن كالزئبق والرصاص والكادميوم منشئها خطر على الصحة العامة بينما المعادن الاخرى مثل الكروم والحديد والنحاس تقتصر اثارها على أماكن العمل الذي يحدث فيها التعرض لفترات طويلة ولهذا

فهي اقل خطرا من المعادن الاخرى كالرصاص الذي زاد انتشاره في الاونة الاخيرة واصبح موجودا بكثرة في الماء والهواء والغذاء. وان كثير من المعادن الثقيلة ضرورية للحياة حتى ولو استخدمت بماقادير قليلة جدا ولكنها تكون سامة إذا وصل تركيزها مستوى عالي في الجسم تصبح بعدها قادرة على التدخل في نمو الخلايا والجهاز الهضمي.

الماء الثقيل Heavy Water

هو ماء له كثافة أعلى من الماء العادي بسبب ان ذرات الأكسجين التي فيه ترتبط مع ذرتين من النظير الثاني للهيدرجين المسمى بالديتريوم الذي تحتوي نواته على بروتون ونيوترون على خلاف ذرات الهيدرجين الاكثر انتشارا والتي تحتوي على بروتون واحد ولا تحتوي على نيوترونات، وبالتالي فان كتلة الجزيء الواحد من الماء الثقيل اكبر بمقدار وحدتي قياس ذريتين من كتلة جزيء الماء العادي.

الكائنات غير ذاتية التغذية Heterotrophic Organisms

هي الكائنات الحية التي تستخدم الكربون العضوي كمصدر للكربون لانتاج مادتها العضوية وليس ثاني أكسيد الكربون، وقد تستخدم هذه الكائنات الضوء كمصدر للطاقة او تحصل على الطاقة اللازمة لها من اكسدة المواد الكيميائية (مثل اكسدة المواد غير العضوية او تفاعلات الاختزال). ومن أشهر انواع الكائنات الحية غير ذاتية التغذية البرتوزوا والفطريات ومعظم انواع البكتريا.

النافورات الحارة Hot Fountain

وهي مياه جوفية تندفع بغزارة إلى أعلى لعدة أمتار بفعل عامل الضغط الهيدروستاتيكي، وتأتي هذه المياه من أعماق بعيدة عن مستوى سطح الأرض تتصف بسخونتها مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المياه.

الهيدروجين Hydrogen

هو أكثر الغازات وجوداً في الكون. ويكون الهيدروجين حوالي 0.67% من وزن القشرة الأرضية، ويُعد تاسع أكثر العناصر شيوعاً على الأرض، حيث يدخل في تكوين وتركيب عديد منالمواد الطبيعية الموجودة. ويُعد الماء أهم هذه المواد، التي يدخل الهيدروجين في تكوينها، كما يُعد الماء، في الوقت نفسه، مصدر الحياة على الأرض.

الرابطة الهيدروجينية Hydrogen Bond

هي رابطة تجاذبية كهربية ضعيفة، بين ذرة الهيدروجين المرتبطة بذرة أخرى في جزيء، والذرة سالبة الشحنة في جزيء آخر، او في نفس الجزيء. والذرات سالبة الشحنة، هي تلك

الذرات التي تجذب الإلكترونات ناحية نواتها في رابطة قطبية. وأكثر العناصر الشائعة، ذات الذرات سالبة الشحنة، هي: الأكسجين، والكلورين، والنيتروجين، والفلورين.

ويُعد التجاذب بين الجزيئات من خلال الرابطة الهيدروجينية،مسؤولاً عن عديد من الخصائص الهامة، للمواد المحتوية على هذه الرابطة. فعلى سبيل المثال، في الماء السائل، تُعد الرابطة الهيدروجينية بين ذرة الهيدروجين الموجبة في جزيء، وذرة الأكسجين سالبة الشحنة في جزيء آخر، مسئولة عن حالته السائلة. كما تُعد هذه الرابطة مسؤولة، في الوقت نفسه، عن رفع درجة غليان الماء، إلى درجة أعلى (100 °م)، مما لو كانت هذه الروابط غير موجودة بين جزيئات الماء.

الغلاف المائى Hydrosphere

يشمل هذا الغلاف جميع المسطحات المائيه التى تغطى نحو ثلاثة أرباع الكرة الأرضية(72%) فهو يشمل مياه الانهار و البحيرات العذبه والمحيطات و البحار و البحيرات الملحه. كما يشمل المحيطات والأنهار المتجمدة وجبال الجليد والأجزاء المتجمدة من التربة. ويشمل أيضاً المياه الجوفية وبخار الماء والسحب في الهواء.

I

الملوثات الصناعية Industrial Pollutants

وهي الملوثات التي تسبب الإنسان بحدوثها من خلال نشاطه الصناعي والزراعي والتجاري،مثل الغازات والأبخرة والصرف السائل والمواد الصلبة التي تتخلف من المصانع او الهواء الملوث الناتج من عوادم السيارات وايضا المخلفات التي تنتج من انشطة الناس ومعيشتهم.

العوامل المسببة للعدوي مسببات الأمراض Infectious agents

من اهم عوامل العدوي المنتشرة في محطات مياه الصرف الصحي والصناعي الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتريا والفيروسات والبرتوزوا (الاوليات) او الطفيليات الاولية، وتسبب هذه الكائنات الحية الكثير من الأمراض و فالبكتريا مثلا تسبب مرض الكوليرا والفيروسات تسبب مرض الالتهاب الكبدي الوبائي والبرتوزوا تسبب مرض الدوسنتاريا الاميبية.

ومن اهم الأسباب التي تؤدي الي انتشار وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة الممرضة في مياه الصرف هو صرف مخلفات المستشفيات والمراكز الطبية والعلاجية الي شبكة المجاري العامة دون تعقيم

او تطهير لهذه المخلفات مما يؤدي الي انتشار الأمراض المعدية التي تكون المياه الملوثة ناقلة لها.

الأشعة تحت الحمراء Infrared Radiation

أشعة كهرومغناطسية غير مرئية حيث أنها تتميز بطول موجة أكثر من تردد الضوء المرئي. وتنبعث الطاقة الحرارية من الأجسام الصلبة والسوائل والغازات في صورة أشعة تحت حمراء. وفي علوم الأرض تنبعث الطاقة الحرارية من الأرض في صورة أشعة تحت حمراء، وتتسبب غازات البيت الزجاجي (الرجاء الرجوع الى تعريف ظاهرة البيت الزجاجي) في امتصاص هذه الأشعة ومنع خروجها إلى الفضاء الخارجي مسببة ما يعرف بظاهر الاحتباس الحراري.

تلوث الهواء الداخلي Internal Air Pollution

يحدث هذا التلوث عن احتباس الملوثات داخل المباني التي تعاني أنظمة تهويتها من سوء التصميم. وأنواعه الرئيسية هي: دخان السجائر، والغازات المنبعثة من المواقد والأفران، والكيميائيات المنزلية، وجسيمات الألياف، والأبخرة الخطرة المنبعثة من مواد البناء، مثل العوازل والبويات والأصماغ. وتتسبب الكميات الكبيرة من هذه المواد داخل بعض المكاتب في حدوث الصداع وتهيج العيون ومشاكل صحية أخرى للعاملين فيها. وتسمى مثل هذه المشاكل الصحية أحيانًا متلازمة المباني المريضة.

الأيون Ion

تحت ظروف خاصة، قد تكتسب الذرة او تفقد إلكتروناً، وفى هذه الحالة يُطلق على الذرة اسم "الأيون". وعندما تفقد الذرة إلكتروناً، فإنها تصبح (أيوناً موجباً)، أما إذا اكتسبت إلكتروناً، فإنها تصبح (أيوناً سالباً). لذا، يمكن تعريف الأيون، بأنه: "ذرة ذات شحنة كهربية موجبة او سالبة، نتيجة فقدانها او اكتسابها إلكتروناً واحداً او أكثر".

الروابط الأيونية Ionic Bonds

يقصد بها القوى الإلكتروستاتيكية التي تربط اثنين او أكثر من الأيونات ببعضها.

التأين Ionization

تعرف عملية التأين بأنها: "عملية تحول ذرات مركب ما، إلى أيونات". عن طريق فقد او اكتساب الكترونات لهذ الذرات.

المواد غير العضوية Inorganic Matter

وهي المواد التي لا يدخل في تركيبها عنصر الكربون مثل الرمل والزلط والاملاح والعناصر الثقيلة وتتميز هذه المواد الغير عضوية بانها ثابتة لا تتحلل.

النظائر المشعة Isotopes

نظائر العناصر الكيميائية هي أشكال من العنصر الكيميائي لذرتها نفس العدد الذري Z، ولكنها تختلف في الكتلة الذرية نظير،تعنى نفس المكان، وذلك لأن كل النظائر المختلفة للعنصر تشغل نفس المكان بالجدول الدوري. والرقم الذري يساوى عدد البروتونات الموجودة في الذرة. وعلى هذا فإن نظائر عنصر محدد تحتوى على نفس عدد البروتونات. والإختلاف يكون في عدد الكتلة الذرية والذى ينتج من إختلاف عدد النيوترونات في نواة الذرة وتتشابه النظائر في الخواص الكيميائية وتختلف في الخواص الفيزيائية.

L

الغلاف اليابس Lithosphere

هو الحيز الذى توجد عليه الحياة البرية و يشكل الغلاف اليابس قشرة الأرض الخارجية الصلبة التى تتكون منها القارات و قيعان المسطحات المائية (أنهار- بحار- بحيرات- محيطات) و تبلغ أجزاء اليابس المعرضة للهواء 28 % من سطح الأرض.

الحمأة السائلة Liquid Sludge

هي المواد المشبعة بالمياه والراسبة بقاع الحوض وكمية الحماة السائلة تقدر بما لا يزيد عن 1 % من كمية مياه الصرف الداخلية للحوض.

الحالة السائلة للماء Liquid State of Water

يكون فيها الماء سائلا شفافا، وهي الحالة الأكثر شيوعا للماء. ويوجد الماء على صورته السائلة في درجات الحرارة ما بين الصفر المئوي، ودرجة الغليان، وهي 100 درجة مئوية في الظروف المثالية عند ضغط 1 جوي.

التلوث المحلي Local Pollution

هو التلوث الهوائي الذي يرتبط بأماكن محددة، كالتلوث الذي يحدث لمدينة او منطقة صناعية محددة او غيرها.

M

مياه الماغنيسيوم Magnesium Water

هي المياه المعدنية التي يحتوي كل لتر منها علي (12 ملي جرام من مادة الماغنيسيوم) المركب مع الليثيوم والزنك الذي يحمي الجسم، ويقوي الجهاز المناعي ويسيطر علي ضغط الدم.

البيئة البحرية Marine Environment

هي المياه البحرية وما بها من ثروات طبيعية ونباتات وأسماك وكائنات بحرية أخرى، وما فوقها من هواء وما هو مقام فيها من منشآت او مشروعات ثابته او متحركة وتبلغ حدودها حدود المنطقة الإقتصادية الخالصة للدولة.

طبقة الغلاف المتوسط الميزوسفير Mesosphere

تمتد من حد الإستراتوسفير إلى 80كم فوق سطح الأرض. وتتناقص درجة الحرارة في هذه الطبقة مع الارتفاع حيث تصل درجة الحرارة في الأجزاء العليا منها إلى أدنى درجة ممكنة في الغلاف الجوي المحيط بالأرض. وهذا الجزء العلوي، من طبقة الميزوسفير يُدعى الميزوبوز (حد الغلاف الاوسط). وتهبط درجة الحرارة في هذا الجزء فوق القطبين إلى ما دون −109°م خلال فصل الصيف. ويمكن مشاهدة ذيل من الغازات الحارة تنساب في هذه الطبقة بفعل الشهب، حيث تستقبل النيازك والشهب حتي تحترق فيها.

الجزيئات Molecules

هي وحدات يمكن تجزئة المادة إليها. وتتكون الجزيئات من دقائق أصغر، أُطلق عليها، باليونانية، اسم (Atom)، ومعناها "غير قابلة للانقسام"، وأطلق عليها، بالعربية، اسم "الذرة". وكل نوع من الجزيئات، يتكون من عدد معين من الذرات المرتبطة فيما بينها بروابط كيميائية.

الطفرة الوراثية Mutations

الطفرة هي أي تغير يحدث في عدد او نوع او تتابع الوحدات البنائية للمادة الوراثية، وتؤدي إلى إحداث تغير دائم فيها، ويتم توريثه للجيل التالي. ويعتقد أن الطفرات تحدث نتيجة أسباب عديدة، منها التعرض للأشعة الكونية او بعض المواد الكيماوية، ولكن ليس معلوما على وجه التحديد كيفية حدوث هذه الطفرات.

N

الملوثات الطبيعية Natural Pollutants

هي الملوثات التي لا يتدخل الإنسان في احداثها، مثل الغازات والأبخـرة التـي تتصـاعد مـن البراكين او تأثير الانفجارات الشمسية علي الطقس، او احتراق الغابات بشـكل طبيعـي جـراء ارتفاع الحرارة، او انتشار حبوب اللقاح في الجو او الكائنات الحية الدقيقة الضارة.

المحميات الطبيعية Natural Park

مساحة محددة من الأرض او المياه يتم فيها حماية الموارد الطبيعية فيها من أجل الأهمية العلمية، او الثقافية، او التعليمية المتعلقة بها، ولذلك يتم فيها اتخاذ إجراءات للحد من الأنشطة التنموية فيها وخاصة التي لها تأثير على تلك الموارد الطبيعية، ويتم إدارة هذه المناطق إدارة بيئية تعمل على تعزيز الحفاظ على هذه الموارد الطبيعية. ومن أمثلة المحميات الطبيعية الغابات التي تحتوي على أنواع نادرة من النباتات او الحيوانات، وأيضاً المناطق الساحلية التي بها أنواع نادرة من الأحياء المائية والشعاب المرجانية، وكذلك الأراضي الرطبة.

تثبيت النيتروجين Nitrogen Fixation

العملية البيوكيميائية التي بواسطتها يرتبط النيتروجين الجوي لمركبات عضوية متوافرة للنباتات. ينفذ مثلا بواسطة البكتيريات التي تعيش في درنات النتروجين على جذور البقوليات.

المغذيات مواد الاثراء الغذائي Nutrients

وهي عناصر لازمة لنمو النبات والحيوان وكثير من الكائنات الدقيقة تحتاج المغذيات في نموها وتكاثرها ولو بنسب ضئيلة. من أهمها النتروجين والفسفور والتي عند وصولها للبيئـة المائيـة كالانهار والبحيرات تؤدي الي نمو الطحالب غير المرغوب فيها، وايضا وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاذ الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالآسماك نتيجة للاختناق، ولو تسربت للارض تسبب تلوثا للمياه الجوفية.

O

الزراعة العضوية Organic Farming

هي الزراعة بدون استخدام كيماويات صناعية من أسمدة او مبيدات او مـواد حافظـة وبـدون استخدام مدخلات الهندسة الوراثية لتعديل السلالات الزراعية او الاشعاعات. وهي نظام شـامل لإدارة الإنتاج الزراعي يروج ويعزز الظروف البيئية الطبيعية عـن طريـق التنـوع الحيـوي

(Biological Diversity) في التربة. ويستعاض عن استخدام الأسـمدة الكيماويـة باسـتخدام الأسمدة العضوية (مثل المكمورات وروث الحيوانات والمخلفـات العضـوية بعـد معالجتهـا) ويستعاض عن استخدام المبيدات الكيماوية بتطبيق المبيدات الحيوية (وهي كائنات مفيـدة تقـوم بافتراس الآفات الممرضة). وبالرغم من أن الإنتاج المحصولي للزراعة العضوية يعتبر أقل من نسبياً من إنتاج الزراعة التقليدية إلا أن منتجاتها تعتبر أكثر اماناً من الناحية الصـحية كمـا أن تطبيق وسائل الزراعة العضوية يقلل من احتمالية التصحر ويزيد من تثبيت التربة وهي أضرار شائعة في الأراضي المزروعة بالوسائل التقليدية.

المواد العضوية Organic Matter

وهي المواد التي يدخل في تركيبها عنصر الكربون وتحتوي ايضا علي الهيدروجين وقد تحتـوي علي الأكسجين والنتروجين ومن امثلة هذه المواد النشويات والـدهون والبروتينـات، والمـواد العضوية قابلة للتحلل الي مواد اخري بسيطة والي غازات بواسطة البكتريـا والكائنـات لحيـة الدقيقة.

المركبات العضوية الفوسفاتية Organophosphates

هي المركبات العضوية المحتوية علي فوسفات وتشمل كل المبيدات المحتوية علي فسفور، وهذه المبيدات قليلة الثبات حيث ان فترة عمر النصف لها قصيرة وبعضها قد يكون سام عند استخدامها لاول مرة.

الأكسجين Oxygen

هو عنصر كيميائي، يلعب دوراً حيوياً في التنفس، والعمليات الحيوية في الجسم، كما يدخل فـي عديد من الصناعات العامة. والأكسجين هو ثالث أكثر العناصر وجوداً في الكون، كما أنه أكثرها شيوعاً على سطح الأرض.

والأكسجين عنصر غازي، ورمزه الكيميائي هو (O)، ورقمـه الـذري (8)، ووزنـه الـذري 15.9994. ويوجد الأكسجين في صورته الغازية، في شكل جزيء ثنائي الـذرة (O2)، حيـث يكون ما يقرب من 20% من حجم الهواء الجاف وغاز الأكسجين هو غاز شفاف، ليس له طعم، او رائحة.

اوزون – Ozone

جزيء مبنى من 3 ذارت أكسجين وينتج من نشاط الأشعة الفـوق بنفسـجية علـى جزيئـات الأكسجين. و تكون طبقة الاوزون موجودة في الجو على ارتفاع15–30 كـم. واهميـة طبقـة

الاوزون في انها تحد من وصول الأشعة الفوق البنفسجية الى الكرة الأرضية وتحمـــي الأرض من تأثيراتها الضارة.

طبقة الاوزون Ozone Layer

هى جزء من الغلاف الجوى الذى يحيط بالكرةالأرضية تتكون طبقة الاوزون من غـــاز الاوزون و هذا الغاز يتكون من ثلاثة ذرات أكسجين مرتبطة ببعضها و يرمز إليها بالرمز الكيميائى O_3. وتعمل طبقة الاوزون على حماية الحياة على سطح الأرض عن طريق حجب وامتصاص الأشعة فوق البنفسجية الضارة التي تنبعث من الشمس من دخول الغلاف الجوي. وتوجد طبقـــة الاوزون في الغلاف الجوي الاوسط الاوسط (الستر توسفير Stratosphere)على بعد حوالي 15 ميل مـــن سطح الأرض. ومؤخراً تعاني طبقة الاوزون من النضوب بسبب الغازات المنبعثة مـــن الأرض خاصة غازات الكلوروفلوروكربون (CFCs) التي تســـتخدم فـــي الإيروســـولات والثلاجـــات والمبردات وكمنظفات في العديد من الصناعات و تستخدم في طفايات الحريق. يحـــدث الضـــرر لطبقة الاوزون عندما تنبعث من هذه المواد الكيماوية مركبات من الكلور والبروم شديدة القابليـــة للتفاعل. ومن هذا نشأ ما يعرف بثقب الاوزون حيث أنه ظهر فوق القارة المتجمدة الجنوبية كثقب في صور الأقمار الصناعية حيث انخفض تركيز الاوزون في هذا المكان بحوالي 40% خـــلال الثلاثين سنة الماضية. ويتواجد ثقب الاوزون أيضاً فوق كندا والمناطق الشمالية مـــن الولايـــات المتحدة الأمريكية واوروبا.

P

مركبات البوليكلوينيتيد بيفينيل (بي سي بيس) PCBs

مجموعة من المركبات العضوية تستخدم في صناعة البلاستيك، كما ينتشر استخدامها في صناعة الموصلات والمكثفات الكهربية. وتعتبر مواد سامة للكثير من الأحياء المائية وتتميز بكونها مادة مستقرة تستقر في الأنسجة الحية للكائنات الحية وتنتشر في السلسلة الغذائية (الرجاء الرجوع إلى تعريف التركيز الحيوي) بالإضافة إلى كون بعض أنواعها مواد مسببة للســـرطان (مســـرطنة). ومن الناحية الكيميائية فهي مركبات عضوية مكلورة تحتوي على جزيء بيفينيل. وتضع الكثيـــر من الدول محددات على استخدام البي سي بيس ومعايير للتخلص منه وذلك لآثاره الضارة علـــى توازن النظام الإيكولوجي.

الثبات Persistence

هو طول فترة بقاء المركب في البيئة وقد تكون فترة الثبات اقل من ثانية وقد تمتد لعدة سنوات وقد تكون غير محددة.

المبيدات Pesticides

هى مواد كيميائيه تقضى على الكائنات الحية غير المرغوب فيها ومنها المبيدات الحشرية (Insecticides) التي تستخدم في مكافحة الحشرات الضارة، والمبيدات العشبية (Herbicides)التي تستخدم في مكافحة الأعشاب الضارة، والمبيدات الفطرية (Fungicides) التي تستخدم في مكافحة الفطريات الضارة التي تسبب مرض النبات ومبيدات القوارض (Rodenticides) التي تستخدم في مكافحة الفئران وسائر القوارض الضارة. وهناك بعض المبيدات التي تستخدم في تطبيقات صناعية مختلفة مثل مبيدات الطحالب ومبيدات الجراثيم وغيرها. تشترك المبيدات في كونها تتدخل لوقف العمليات الحيوية في الكائن الحي غير المرغوب فيه بشكل او بآخر، لذا فهي تعتبر سامة. تعتبر المبيدات الكيميائية ملوثات خطيرة للغلاف الجوي والبيئة المائية، كما تعمل عادة على قتل العديد من الكائنات الحية غير المستهدفة مع الكائنات الضارة المستهدفة. ويمكن تقسيمها من الناحية الكيميائية الناحية الكيميائية إلى قسمين رئيسيين المبيدات التي يدخل فيها الكلور (Chlorinated Pesticides) ومن أشهرها الدي دي تي(DDT) والمبيدات الفوسفوريه العضوية (Organophosphorous Pesticides) ومن أشهرها الباراثيون Parathion.

العوالق النباتية Plankton

هي كائنات حية نباتية، أي تحتوي على كلوروفيل، لا تتحرك حركة ذاتية او تتحرك حركة ذاتية ضعيفة لا تمكنها من مقاومة التيارات المائية، معظمها وحيدة الخلية.

التلوث الفيزيائي Physical Pollution

هو التغييرفي المواصفات القياسية والخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للماء، عن طريق تغير درجة حرارته او ملوحته، او ازدياد المواد العالقة به، سواء كانت من أصل عضوي او غير عضوي.

وحـــدات المعالجة الفيزيائية Physical Treatment Processes

وتعتمد طرق المعالجة الفيزيائية علي الخواص الطبيعية الموجودة في الطبيعة نفسها بدون تدخل الإنسان ، اي القوي الموثرة هي قوي طبيعية التي لاحظها واكتشـفها الإنســان داخــل البيئــة المحيطة.

ووحدات المعالجة الفيزيائية هي دائما الوحدات التمهيدية والاولية لكل مشاريع معالجة المخلفات السائلة، حيث يبدا كل مشروع بوحدات معالجة فيزيائية كمرحلة اولي من مراحل المعالجة.

ومن أهمها التصفية، ازالة الرمال، الترشيح، الترويب ، الطفو، الادمصاص، الترسيب والتناضح العكسي.

عملية البناء الضوئي Photosynthesis

هي عملية حيوية، تُستخدم فيها الطاقة المستمدة من أشعة الشمس، في تصنيع المواد العضــوية، من الماء وثاني أكسيد الكربون، بينما يتم اخراج الأكسجين. وعلى الرغم من أن هــذه العمليــة تحدث بصورة رئيسية فى النباتات الخضراء، إلا أنها تحدث، كذلك، في الطحالب، وفى بعــض أنواع البكتيريا.وأن عملية البناء الضوئى تتكون من تفاعلين رئيسيين، الاول يتم فــى الضــوء، ويطلق عليه "تفاعل الضوء"(Light Reaction)،

والثاني يحدث في الظلام، ويطلق عليه "تفاعل الظلام"(Dark Reaction).

ويمكن تقسيم عملية البناء الضوئى إلى ثلاث عمليات رئيسية هي:

امتصاص الطاقة الضوئية بواسطة الكلوروفيل.

تحويل الطاقة الضوئية إلى شكل كيميائى.

تثبيت ثاني أكسيد الكربون وتصنيع المواد الكربوهيدراتية.

رقم (قيمة) الاس الهيدروجيني pH value

هو اللوغاريتم السالب لتركيز ايون الهيدروجين في سائل ما، وهو تعبير علي تركيــز ايونــات الهيدروجين في المحلول اي مقياس الحموضة والقلوية، وهذه القيمة تبدأ من صفر الي 14 ،

يعد قياس قيمة الاس الهيدروجيني من اهم الأختبارات الفيزيائية التي تجري علي ميــاه الشــرب ومياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي والمياه الجوفية وتاتي اهمية ذلك من ان قاعديــة او حامضية وسط المعالجة يلعب دورا هاما ويؤثر بفاعلية علي جميــع التفــاعلات الكيميائيــة والطبيعية والبيولوجية خلال مراحل معالجة المياه المختلفة.

الملوثات Pollutants

هي كل العناصر الضارة التي تطلق في الغلاف الجوي او تقذف في الغلاف المائي او تنثر فوق صفحة الأرض وتحدث خللا في النظام البيئي. وهي إما أن تكون غازية ممثلة فـــي الغـــازات الضارة التي تطلقها عوادم السيارات او ما يتصاعد من مداخن المصانع ووسائل التدفئة وحـــرق القمامة والبراكين وغيرها، وقد تكون سائلة ممثلة في المياه العادمة التي تقـــذفها المصـــانع فـــي المجاري المائية وتصريف مياه المجاري والمبيدات الحشرية وغيرها، وقد تكون صلبة ممثلة في نفايات المصانع بما في ذلك المخلفات والزراعية. هذا بالإضافة الى القمامة التي تتزايـــد بشـــكل مطرد من خلال تزايد السكان من ناحية، وزيادة معدلات استهلاك الفرد من ناحية أخرى. هـــذا وسيتم الحديث بالتفصيل عن الملوثات كالنفايات الصلبة والمياه العادمة والغازات في المجلـــدات اللاحقة.

حمل التلوث Pollution Load

هو كمية الملوث مقدرة بوحدات الوزن (ملجم – جم – كجم – طن) التى تنبعـــث إلـــى البيئـــة الخارجية خلال فترة زمنية محددة. وعادة ما تستخدم الوحدات الصغيرة نسبياً للتعبير عن أحمال الملوثات فى العينات التى يتم سحبها على مدى زمنى قصير لإغراض القياس (ملجـــم/دقيقـــة – جم/ساعة)، أما الوحدات الكبيرة فيتم استخدامها للتعبير عن أحمال التلوث على مدى زمني طويل نسبياً مثل (كجم/شهر – طن/سنة).

تلوث المصدر المحدود Pollution of Limited Source

هو مصدر التلوث الذي تنبعث منه بعض الملوثات،مثل أنبوب المجاري الذي يطرح ماء متســـخًا في نهر من الأنهار، من نقطة محدودة او مكان محدد، ويعرف هذا بتلوث المصدر المحدود

تلوث المصدر اللامحدود Pollution of Unlimited Source

هو مصدر التلوث الذي تنبعث منه بعض الملوثات من مناطق واسعة، ففي مقدور الماء الجـــاري في المزارع أن يحمل معه المبيدات والأسمدة إلى الأنهار، كما أن بإمكان مياه الأمطار أن تجرف الوقود والزيت والأملاح من الطرق ومواقف السيارات، وتحملها إلى الآبار التي تزودنـــا بميـــاه الشرب. ويسمى التلوث الصادر عن مثل هذه المناطق الواسعة بتلوث المصدر اللامحدود.

المعالجة التمهيدية لمياه الصرف Preliminary Wastewater Treatment

هي المرحلة التمهيدية المبدئية التي تمر بها مياه المجاري الداخلة لمحطة التنقية، حيث يتم فصل المواد كبيرة الحجم بواسطة حواجز وشباك، ثم يتم تخفيضسرعة سريان تيار المجاري الـــي 30

سنتيمتر في الثانية في قنولت حجز الرمال للسماح للحصي والرمال بالترسيب الي القاع، وبامرار تيار من الهواء في المياه يتم فصل الزيوت والدهون بالطفو وايض طرد معظم الغازات المتعفنة والسوائل المتطايرة التي تحملها مياه المجاري، وباذابة كمية من الأكسجين في المياه يتم انعاشها لكل تصبح صالحة لمعيشة البكتريا الهوائية في المراحل القادمة من المعالجة.

المعالجة الأبتدائية لمياه الصرف Primary Wastewater Treatment

في المعالجة الأبتدائية يتم التخلص من جزء كبير من المواد العالقة والمواد العضوية من مياه الصرف (حوالي من 55 – 60% من المواد الصلبة العالقة و 30-35 % من الأكسجين الحيوي المستهلك). وقد يصاحب المعالجة الأبتدائية وحدات معالجة فيزيائية مثل التصفية وفصل الزيوت والدهون ومن ثم فان المعالجة الأبتدائية هي معالجة مساعدة اولية للمعالجة الثانوية والمياه الناتجة عن المعالجة الأبتدائية ما زالت تحتوي علي كثير من المواد العضوية ويكون تركيز الأكسجين الحيوي المستهلك عالي نسبيا.

الكائنات الحية المنتجة Producers

وهي كائنات تحتاج إلى ماء وثاني أكسيد الكربون والأملاح المعدنية ومصدر للطاقة وبعض المعادن لتبقى حية، وتتميز هذه الكائنات عن غيرها من الكائنات الأخرى بأنها تقوم بتحويل المركبات غير العضوية ذات الطاقة المنخفضة إلى مركبات عضوية ذات طاقة مرتفعة (مثل السكريات)، وبهذا فهي تسمى كائنات ذاتية التغذية Autotrophs.

وتعتبر جميع النباتات الخضراء بما في ذلك الطحالب الدقيقة والمرئية كائنات منتجة لأنها تقوم بعملية التركيب الضوئي، كما أن هناك بعض البكتريا التي تعد منتجة، حيث إنها تستطيع أن تمارس البناء الضوئي Photosynthetic bacteria او البناء الكيميائي Chemosynthetic bacteria.

حماية البيئة Protection of Environment

هو المحافظة على البيئة وعلي مكوناتها وخواصها وتوازنها الطبيعي ومنع التلوث او الإقلال منه او مكافحته، والحفاظ على الموارد الطبيعية وترشيد استهلاكها وحماية الكائنات الحية التي تعيش فيها، خاصة المهددة بالانقراض، والعمل على تنمية آل تلك المكونات والارتقاء بها.

الاوليات (البروتوزوا) Protozoa

البروتوزوا (الاوليات) كائنات اولية ميكرسكوبية لها القدرة علي الحركة، ومعظم البروتوزوا غير ذاتية التغذية وهوائية اي تنشط وتنمو في وجود الأكسجين، علي الرغم من وجود انواع قليلة منها لاهوائية. والبرتوزوا كائنات أكبر في الحجم من البكتريا اذ يتراوح حجمها بين 10 الي 100 ميكرون وقد تستهلك البكتريا كمصدر من مصادر الطاقة والغذاء

R

المجاري الخام Raw Sewage

هي مياه المجاري التي تصل الي محطة التنقية طازجة اي غير متعفنة، وذلك لاحتوائها علي كمية مناسبة من الأكسجين الذائب فيها، وتتميز هذه المجاري بان لونها رمادي متجانس ورائحتها متزنخة مثل رائحة التراب.

التلوث الأشعاعي Radioactive Pollution

وهو تلوث الماء باي مادة ذات نشاط اشعاعي، وهذا النشاط الأشعاعي يمكن ان يحدث خللا او ضررا بيئيا او عدم اتزان بيئي. ومصدر هذا التلوث يكون، غالباً، عن طريق التسرب الأشعاعي من المفاعلات النووية، او عن طريق التخلص من هذه النفايات، في البحار والمحيطات والأنهار. وفي الغالب لا يُحدث هذا التلوث أي تغيير في صفات الماء الطبيعية، مما يجعله أكثر الأنواع خطورة، حيث تمتصه الكائنات الموجودة في هذه المياه، في غالب الأحوال، وتتراكم فيه، ثم تنتقل إلى الإنسان، أثناء تناول هذه الأحياء، فتحدث فيه العديد من التأثيرات الخطيرة، منها الخلل والتحولات التي تحدث في الجينات الوراثية.

التساقط Rainfall

هو خروج الماء من السحب على شكل أمطار، او ثلج، او جليد، او برد. وهو الوسيلة الرئيسية لعودة الماء الموجود في الغلاف الجوي إلى الأرض. ومعظم الماء المتساقط من الغلاف الجوي يهطل كأمطار.

الموازنة (إعادة الكربنة) Recarbonation

هي إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون بكميات محددة بهدف تحويل ما تبقى من كربونات الكالسيوم الى صورة البيكربونات الذائبة.

حيث أن كربونات الكالسيوم تكون علي هيئة رواسب قد يتبقى في الماء بعد مروره بأحواض الترسيب فإنه من المحتمل أن يترسب بعضها على المرشحات او في شبكات التوزيع مما يؤدي إلى انسداد او الحد من كفاءة المرشحات الشبكات.

إعادة التدوير Recycling

طريقة لاسترجاع المواد النافعة من المخلفات بحيث يتم فصل هذه المواد ومعالجتها (إذا تطلب الأمر) ثم إعادة تصنيعها.

ويحقق إعادة التدوير العديد من الفوائد الاقتصادية والبيئية، وذلك باسترجاع كميات من المخلفات، كان يتم التخلص منها، واستغلالها اقتصادياً كما يعمل ذلك على توفير جزء من الثروات التي تستخرج من باطن الأرض من النفط والمعادن.

المواد العضوية التخليقية Refractory Organics

مثل الفينول والمبيدات الزراعية المختلفة والمركبات العضوية المعقدة، مثل نواتج المطهرات الثانوية وهذه المواد غير قابلة للتحلل بيولوجيا وتحتاج الي معالجة كيمائية وفيزيائية لازالتها، وتراكم هذه المواد يسبب ضررا شديدا بالبيئة المائية، كما تعد كثير من هذه المركبات من المركبات السامة للاحياء المائية.

التلوث الاقليمي Regional Pollution

هو التلوث الهوائي الذي يشمل منطقة كبيرة تضم عدة دول او حتي قارة باكملها، مثل تلوث حوض البحر الابيض المتوسط او تلوث قارة اوربا.

الرطوبة النسبية Relative Humidity

وهي النسبة المئوية، بين كمية بخار الماء في الهواءفي حيز معين، وكمية بخار الماء اللازمة لتشبع الهواء ببخار الماء،عند درحتي الحرارة، والضغط نفسيهما.

الطاقه المتجددة Renewable Energy

الطاقة التي يتم توليدها من مصادر لا تنضب مثل طاقة الشمس او طاقة الرياح او الطاقة الحركية الناتجة من المد والجزر او الطاقة المائية الناتجة عن تساقط المياه من الشلالات والسدود او الطاقة الحرارية الصادرة من باطن الأرض او الطاقة الحيوية التي ينتج عنها الغاز الحيوي (الرجاء الرجوع للتعريف). وتتخذ الطاقة الحيوية أهمية كبيرة من الناحية البيئية والاقتصادية، حيث أنها تعتبر بديلاً مناسباً لمصادر الطاقة الحفرية (مثل النفط والفحم الحجري) القابلة للنضوب

خلال فترة زمنية محدودة (إذا استمر استهلاكها بالمعدلات الحالية) والتي ينتج عنها الكثير من التلوث مثل انبعاث غازات البيت الزجاجي (الرجاء الرجوع للتعريف) والإيروسولات والغازات التي تسبب العديد من الظواهر البيئية السلبية مثل المطر الحامضي وثقب الاوزون والاحتباس الحراري

التحلل البيولوجي هو تحول المادة بواسطة الكائنات الدقيقة. وتحت ظروف البيئة، تتأثر عملية التحلل البيولوجي بعدد من العوامل، تتضمن وجود الأكسجين (ظروف هوائية/ ظروف لاهوائية) والعناصر الغذائية بالإضافة إلي توافر الأعداد المطلوبة من الكائنات الدقيقة ودرجة تكيفها.

مصادر المياه العذبة المتجددة Renewable Sweet Water Sources

هي مجموع التدفقات الداخلة للمياه السطحية والمياه الجوفية بالاضافة الي التدفقات الداخلة.

النهر River

هو مجرى مائى واسع ذو ضفتيين يجرى فيه الماء العذب الناتج عن هطول الأمطار او المياه النابعة من عيون الأرض او من مسطحات مائية كالبحيرات.

S

الحمأة الأمنة Safe Sludge

هي الحمأة التي يمكن تداوَلها وأستخدامها بحيث لا تضر بالصحة العامة ولا بالبيئة، وامنة تماما للانسان والحيوان، وحتي تكون الحمأة امنة يجب ان يكون تركيز المعادن الثقيلة بها في الحدود الأمنة المسموح بها، وان يتم خفض محتوي الكائنات الممرضة بها للحدود الأمنة وذلك بمعالجتها وتثبيتها قبل تداولها.

الدفن الصحى للمخلفات Sanitary Land filling

طريقة هندسية للتخلص من المخلفات في الأرض بطريقة لا تسمح بتلوث البيئة. ويتم الدفن الصحي للمخلفات بملء حيز معين من الأرض بهذه المخلفات وتخزينها في هذا الحيز لفترة معينة حتى يتم تحللهاإلى المواد الاولية وتصبح غير خطرة. وتتم عملية الدفن الصحي بنشر المخلفات على الأرض ثم دمكها وتغطيتها في خلايا متتابعة. ويتم عادة عزل الأرض التي يتم استخدامها للدفن الصحي عن البيئة المحيطة لمنع تسرب السوائل التي تخرج من المخلفات إلى التربة المحيطة والمياه الجوفية.

ماء البحر Sea Water

ماء البحر هو الماء المأخوذ من البحر او المحيط. وفي المتوسط تكون مياه البحر في محيطـــات العالم بنسبة ملوحة ~ 3.5%. وهذا يعنى أن كل لتر (1000 مليلتر) من ماء البحر يحتوى على 35جراما من الأملاح (معظمها وإن كلوريد صوديوم) مذابة فيها.

المعالجة الثانوية التقليدية لمياه الصرف Secondary Wastewater Treatment

تعرف المعالجة الثانوية بانها مجموعة من عمليات ووحدات المعالجة المتصلة ببعضـــها بهـــدف التخلص من نسبة كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا ونسبة كبيرة من المواد العالقة الصغيرة في الحجم نسبيا والتي لم تترسب في المعالجة الأبتدائية مثل أحواض الترسيب الابتدائي (حيث يمكننا ازالة اكثر من 95% من المواد العضوية القابلة للتحلل في المعالجـــة الثانويـــة). بيولوجيا، واكثر من 96% من المواد العالقة.

وتجمع "الحمأة"، الناتجة من المراحل، التمهيدية والابتدائية والثانوية، وينقل إلى "خـــزان هضـــم الحمأة". لتتولّى البكتيريا تكسير المواد العضوية المعقدة، وتحويلها إلى مواد أقل تعقيداً، ويصاحب هذه العملية انطلاق غاز الميثان، الذي يستخدم مصدراً للوقود. ويجمع الحمأة، المتبقي من هـــذه العملية، ويجفف، ويستخدم كمخصبات للتربة.

ويعد التطهير والتعقيم من وحدات وعمليات المعاجة الثانوية في كثير من محطات المعالجة بينما يعتبره البعض من عمليات المعالجة الثلاثية او المتقدمة.

الترسيب Sedimentation

تعد عملية الترسيب من اوائل العمليات التي استخدامها الإنسان في معالجة المياه. وتستخدم هذه العملية لإزالة المواد العالقة والقابلة للترسيب او لإزالة الرواسب الناتجة عن عمليـــات المعالجـــة الكيمائية مثل التيسير والترويب. وتعتمد المرسبات في أبسط صورها على فعل الجاذبيـــة حيـــث تزال الرواسب تحت تأثير وزنها.

الجسيمات المتساقطة Settling Particulates

وهي تلك الدقائق التي لا تلبث ان تعود الي الأرض بعد انطلاقها من مصادرها بتأثير الجاذبيـــة الأرضية، ويطلق عليها اسم الغبار الساقط، ويزيد قطر هذه الجسيمات عن عشرة ميكرومترات، وهذ الجسيمات لها تاثير علي العيون والمنشأت الصناعية والابنية والممتلكات ولها تأثير خفيف علي المجاري التنفسية للانسان.

تلوث التربة Soil Pollution

تلوث التربة يعني دخول مواد غريبة في التربة او زيادة في تركيز احدي مكوناتها الطبيعية مما يؤدي الي التغير في التركيب الكيميائي والفيزيائي للتربة.

وايضا ولكن إذا وجد ما يخل بوظائف التربة عن أداء مهامها فهو يعتبر تلوث للتربة واجهاد لها. وهذه المواد التي يطلق عليها ملوثات التربة قد تكون مبيدات او مواد واسمدة كيميائية او امطار حمضية ساقطة او نفايات صناعية او نفايات وفضلات منزلية او النفايات المشعة.

الحالة الصلبة للماء Solid State of Water

يكون فيها الماء على شكل جليد او ثلج، يوجد على هذه الحالة عندما تكون درجة حرارة الماء أقل من الصفر المئوي.

المحلول Solution

هو مخلوط مادتين او اكثر، ماده واحدة على الاقل من المواد تكون حالة سائلة وتدعى بالمذيب والمادة الثانيه او المواد الباقية يمكن ان تكون في حالة غازية او سائلة او صلبة وتدعى بالمذاب.جزيئات المذاب منتشرة بين جزيئات المذيب وتكون صفات المحلول صفات المادتين معا.

معالجة الحمأة (الرواسب الصلبة) Sludge and Residue Treatment

هناك العديد من الطرق والعمليات التي يمكن عن طريقها معالجة المخلفات السائلة وهي تختص بمعالجة الجزء السائل منها، ولابد من الاخذ في الاعتبار و مراعاة طرق معالجة الحمأة الصلبة في تصميم محطات الصرف الصحي حيث ينتج من عمليات المعالجة كميات من المواد الصلبة في صورة حماءة نشطة يجب معالجتها وتثبيتها للحصول علي مواد ثابتة يمكن الأستفادة منها كسماد او يمكن التخلص منها بصورة امنة بيئيا.

الحمأة Sludge

المقصود بالحمأة هو المادة الصلبة المتخلفة المترسبة الناتجة من محطات معالجة الصرف الصحي.

التيسير (إزالة العسر) بالترسيب Softening by Chemical Precipitation

تعني عملية التيسير او إزالة العسر للمياه (water softening) إزالة مركبات عنصري الكالسيوم والماغنسيوم المسببة للعسر عن طريق الترسيب الكيمائي. وتتم هذه العملية في محطات

المياه بإضافة الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم) إلى الماء بكميات محدودة حيث تحدث تفاعلات كيمائية معينة تتشكل عنها رواسب من كربونات الكالسيوم و هيدروكسيد الماغنسيوم.

المخلفات الصلبة Solid Wastes

هى المخلفات التى تعتبر غير ذات قيمة للشخص الذى تخلص منها والناتجة من كل الأنشطة اليومية للإنسان وتختلف أنواعها من بلد لآخر ومن مدينة إلى أخرى داخل البلد الواحد.

الحمل النوعي للتلوث Specific Pollution Load

وهو يمثل معدل صدور الملوثات بوحدات الوزن بالنسبة لحجم النشاط، ويمكن التعبير عن الحمل النوعي للتلوث بوحدات (جم ملوث / طن إنتاج) أو (كجم ملوث / طن وقود).. الخ، حيث يتم اختيار الوحدات المناسبة لكل نوع من أنواع النشاط. ويتم تقدير الحمل النوعي للتلوث بقسمة كمية الملوثات المنبعثة خلال فترة زمنية معينة على حجم النشاط خلال نفس الفترة مثل حجم الإنتاج أو حجم الاستهلاك.

الحرارة النوعية للماء Specific Temperature of Water

تعرف الحرارة النوعية بأنها: "كمية الحرارة اللازمة لتغييردرجة حرارة جرام واحد من الماء، عند درجة 54م، درجة مئوية واحدة".

مياه العيون Spring Water

مياه العيون هي التي تتدفق من تحت سطح الأرض وتخرج بشكل طبيعي وليست لها خصوصيات فيزيائية وكيميائية ثابتة وتوجد في تكاوين صخرية مختلفة الأنواع.

تثبيت المواد العضوية Stabilization of organic matters

عملية تحليل المواد العضوية إلى مواد اولية خاملة غير ضارة، وتتم عادة بطرق حيوية بفعل البكتيريا والكائنات المجهرية الأخرى. ينقسم تثبيت المواد العضوية بالطرق الحيوية إلى نوعين رئيسيين، التثبيت الهوائي (في وجود الأكسجين) والتثبيت اللاهوائي (في غياب الأكسجين)، ومن تطبيقات التثبيت الحيوي للمواد العضوية معالجة الصرف الصحي ومعالجة الحمأة وعملية الكمر (Composting). ويمكن أيضاً تثبيت المواد العضوية عن بطرق كيميائية باستخدام عوامل مؤكسدة.

الستراتوسفير Stratosphere

الطبقة التالية للتروبوسفير وتصل إلى ارتفاع حوالي 50 كم فوق سطح الأرض وتشمل طبقة الاوزون Ozone Layer التي تحجب الأشعة فوق البنفسجية الضارة عن الأرض (الرجاء

الرجوع تعريف الأشعة فوق البنفسجية). ولا توجد في هذه الطبقة سحب او أتربة ولا تتأثر بالرياح والاضطرابات الهوائية التي تحدث في التروبوسفير

المياه الكبريتية Sulphated Water

هي المياه المعدنية الغنية بالكبريت وتستعمل كعلاج لامراض الروماتيزم. المفاصل، الجلد، وغيرها من الأمراض.

التوتر السطحي Surface Tension

هي انكماش مساحة السطح الخارجي للسائل إلى أقصى حد ممكن من الصغر كنتيجة لانجذاب والتصاق جزيئات السائل إلى بعضها البعض.

المياه السطحية Surface Water

تعرف المياه السطحية بأنها المياه التي توجد على سطح الأرض على هيئة سيول نتيجة هطول الأمطار او تتواجد على هيئة ثلوج تذوب بعد ارتفاع درجة الحرارة وتجري هذه المياه في الاودية والأنهار فتصب في البحار او تختفي في الصحاري القفار او تتجمع في البحيرات والمنخفضات او تتسرب إلى باطن الأرض حتى تصل إلى الطبقات الجيولوجية الحاملة للمياه.توصف المياه السطحية بأنها مياه متجددة وتعتبر الأمطار المصدر الأساسي لهذه المياه في المناطق الجافة وشبة الجافة.

المنظفات الصناعية Synthetic Detergents

هي مركبات عضوية تركيبها الكيميائي يشبه تركيب الصابون، الا انها تمتاز عنه في ان لها قوة تنظيف كبيرة، وتحدث رغوة مع الماء المحتوي على نسبة من الاملاح، وتحضر المنظفات الصناعية من مواد عضوية تشتق من نواتج البترول مثل الكايل بنزين

وتمتاز المنظفات الصناعية بانها مواد خافضة للتوتر السطحي وهى عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان وهى تسبب الرغوة فى محطات معالجة مياه الصرف وفى المياه السطحية التى تصرف إليها.

T

المعالجة الثلاثية المتقدمة (الخاصة) Tertiary Advanced Treatment

تعرف عمليات المعالجة المتقدمة بانها درجة خاصة من درجات المعالجة والتي تلي وتتبع عمليات المعالجة التقليدية الثانوية لازلة بعض المكونات والملوثات في مياه الصرف مثل المغذيات والمواد السامة واية معدلات عالية غير طبيعية من المواد العضوية والمواد العالقة.

وفي هذه المرحلة، يُجرى عديد من العمليات الكيماوية والفيزيائية، للتخلص من مختلف الملوثات، التي لم يُتخلص منها، في المراحل السابقة، مثل الفسفور، والنيتروجين، والمواد العضوية الذائبة، وبعض العناصر السامة. وينتج من هذه المرحلة ماء، على مستوى عال من النقاء؛ إذ يُزال نحو 99.5 % من المواد العالقة الصلبة، والنيتروجين، والفوسفور، والزيوت العالقة والدهون. وتتضمن هذه العمليات: التخثر الكيماوي، والترسيب، الترويب بالكيماويات و التزغيب والطفو والترسيب الذي يلي الترشيح والترشيح الرملي، والامتصاص الكربوني، والتبادل الأيوني، والتناضح العكسي.

التحلل الحراري Thermal Degradation

التحلل الحراري للمواد بالحرارة فى غياب الأكسجين او مع وجود كمية محدودة منه. وفي وحدة الانحلال الحراري، يتم رفع حرارة المواد إلى درجة فيما بين 800 و 1400 درجة فرنهايت (427 إلى 760 درجة مئوية). ويهدف نقص الأكسجين إلى منع الاحتراق، غير إن إزالة كل الأكسجين يعد أمراً مستحيلاً ولذلك تحدث بعض الأكسدة وينتج عنها تكوين مركبات الديوكسين ومركبات خطرة أخرى ذات صلة. وينتج عن الانحلال الحراري ثلاثة عناصر: غاز، وزيت وقود، وبقايا صلبة تسمى "الرماد الفحمي" (Char) (والتي من المحتمل أن تحتوي على معادن ثقيلة).

الثرموسفير Thermosphere

أعلى طبقات الغلاف الجوي حيث يبدأ في التلاشي تدريجياً إلى حدود الغلاف الجوي ومن ثم إلى الفضاء الخارجي. وتسمى أيضاً طبقة الأيونوسفير (Ionosphere) حيث بها تركيزات عالية من الأيونات الحرة التي تدخل الغلاف الجوي من الفضاء الخارجي.

الأملاح الكلية الذائبة Total Dissolved Solids

هي الاملاح الموجودة في المياه في صورة ذائبة وهي تمثل مجموع الايونات الموجبة (الكاتيونات) والايونات السالبة (الانيونات) التي توجد في صورة ذائبة في المياه بالاضافة الي مواد اخري غير متأينة.

الجسيمات العالقة الكلية Total Suspended Particulates

وهي تلك الجسيمات التي يتراوح قطرها بين من 0.1 الي 10 ميكروميترات وتبقي فترة طويلة معلقة في الهواء، ام معدل ترسبها فهو بطيء نسبيا ويتوقف علي الظروف الطبيعية من رطوبة او رياح او حرارة وغيرها. وتعتبر الجسيمات العالقة اخطر الجسيمات الملوثة للهواء حيث من الممكن ان تصل للرئتين وتستقر هناك.

المواد العالقة في المياه Total Suspended Solids (TSS)

وتشمل كل المواد الطافية والمعلقة سواء علي سطح الماء او في داخله، وهي وزن المواد التي يمكن حجزها علي وسط ترشيح بعد تجفيفها في فرن تجفيف درجة حرارته 103 الي 105 درجة مئوية، وتقدر كمية المواد العالقة بالمليجرام في اللتر.

المواد السامة Toxic Substances

المواد السامة تعد ثالث اثر الأنواع الكيماوية انتشارافي المجال الصناعي واكثرها خطورة وتعرف المواد السامة بانها اية مادة تسبب سمية او تسمم للانسان

من المواد السامة الغير عضوية مادة السبستوس الخطيرة والتي عند التعرض الشديد لها لفترات طويلة تسبب اصابة الرئتين بالتليف وممكن ان يؤدي الي حدوث سرطان بالرئة.،والعناصر الثقيلة مثل الكادميوم والزئبق والرصاص من المواد ذات الطبيعة السامة لطبيعة تراكمها داخل جسم الامسان مسببة تلف للكلي والكبد، ومن اهم مصادر العناصر الثقيلة صناعات البطاريات والطلاء الكهربي.

والفينولات ومركبات الفورمالدهيد والتي تنتج من مصانع البلاستيك والمواد اللاصقة تعد من المواد العضوية السامة

وتنتقل كثير من المواد السامة للانسان عند تلوث البيئة المائية بتلك المواد عبر سلسلة الغذاء مع النبات والحيوان او بالاتصال المباشر ب الإنسان.

معالجة المواد السامة Toxic Substances Treatment

هناك انواع من مياه الصرف تحتوي علي مواد ذات سمية او ملوثات خاصة مثل انواع الصرف الصناعي التي تنتج كثير من العناصر السامة والعلناصر شديدة التلوث والتي يلزم لمعالجتها طرق وعمليات خاصة بكل مجموعة من الملوثات.

تسبب الملوثات السامة مشاكل كثيرة في عمليات المعالجة ؛ فضلا عن اثارها المدمرة علي البيئة وخاصة البيئة المائية

النتح Transpiration

هو العملية التي تنتقل بموجبها الرطوبة من منطقة الجذور، عن طريق النبات، إلى مسامات صغيرة في الجانب السفلي لاوراق النبات، حيث تتحول إلى بخار يخرج إلى الغلاف الجوي. إذن، الارتشاح هو تبخر الماء من اوراق النبات. وأشارت التقديرات إلى أن حوالي 10% من الرطوبة الموجودة في الغلاف الجوي تخرج من النباتات عن طريق الارتشاح.

طبقة الغلاف السفلي (التربوسفير) Troposphere

وهي طبقة الغلاف الجوي الملاصقة لسطح الأرض، وهي الطبقة التي نعيش فيها. وتضم هذه الطبقة 75% من مجمل الغلاف الجوي. وتتم معظم التغييرات الجوية والأمطار والثلوج في هذه الطبقة تقريبًا. تحدث فيها التغيرات اليومية فى الظواهر الجوية (مثل السحب- المطر- البرد- الثلج-) والتي تقتصر على هذه الطبقة. وتحتوي هذه الطبقة على بخار الماء والإيروسولات الموجودة في الغلاف الجوي كما تحتوي على ثلاث أرباع وزن الغازات في الغلاف الجوي. وتتناقص درجة الحرارة في التروبوسفير بالاتجاه للأعلى بمعدل حوالي 6.5 درجة مئوية لكل كيلومتر.

وطبقة التربوسفير هي الطبقة المعنية بالتلوث اذا تتركز فيها 99.0 %من الملوثات الجوية.

U

الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Radiation UV

أشعة كهرومغناطسية غير مرئية حيث أنها تتميز بطول موجة أقل من تردد الضوء المرئي. وتنبعث الأشعة فوق البنفسجية مع أشعة الشمس وتنقسم الى ثلاث درجات (C ، B،A) حسب طول الموجة.. وتعتبر الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات الطويلة (UVA) مفيدة لحياة النباتات على الأرض، كما أنه يتم استخدامها في العديد من التطبيقات الطبية. أما بالنسبة للأشعة فوق البنفسجية المتوسطة فإنها ضارة لصحة الإنسان حيث تتسبب في حدوث سرطان الجلد وبعض أمراض العين (مثل مرض عتامة العدسة كتراكت). وتعتبر أخطر أنواع الأشعة فوق البنفسجية هي الأشعة قصير الموجة (UVC) حيث تتسبب في قتل العديد من الكائنات الحية وحدوث أمراض سرطان الجلد وغيرها من الأضرار على صحة الإنسان.

التلوث العالمي Universal Pollution

هو التلوث الهوائي الذي تنتشر فيه الملوثات علي مساحات كبيرة، وتصل الي اماكن بعيدة ن مصادرها، مثل التلوث بالاشعاعات الذرية حيث يتجاوز الاقليم الذيي حدث فيه، ومثل التلوث الناشئ عن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في جو الأرض، او تأكل طبقة الاوزون في طبقات الجو العليا والمتوسطة.

V

الفيروسات Viruses

الفيروسات ابسط واصغر الكائنات الدقيقة، حيث يتراوح حجمها ما بين 0.1 الي 0.3 ميكرون، وتتكون الفيروسات اساسا من حامض نووي محاط به بروتين. وكل الفيروسات متطفلة اي لا يمكنها الحياه خارج الكائن الحي او خارج الخلية الحية، وتعتبر الفيروسات من الكائنات عالية التخصص سواء فيما يتعلق بالكائن الذي تتطفل عليه (العائل) او من حيث نوعية الأمراض التي تنقلها الفيروسات الجدري، الالتهاب الكبدي الوبائي، شلل الاطفال والايدز بالاضافة الي مجموعة متنوعة من امراض الجهاز الهضمي والتنفسي.

المواد المتطايرة Volatile Suspended Solids

هي جزء من المواد العالقة وهي تمثل الجزء العضوي الذي يتحلل تماما متحولا الي طاقة او الي كائنات حية جديدة

عندما توضع المواد العالقة التي تم تجفيفها في درجة 103 مئوية في فرن حرق درجة حرارته 550 درجة مئوية، فان جميع المواد العضوية تتطاير منها بالحرق ، وكمية المواد المتطايرة تحسب بالمليجرام في اللتر.

W

حرق المخلفات Waste Combustion

هو أي نوع من أنظمة المعالجة الحرارية للمخلفات التي تهدر الموارد وتبعث ملوثات. وتتضمن تلك الأنظمة التكنولوجيات التى تعتمد على الاحتراق، والإنحلال الحراري والتحويل الحراري إلى غازات. وينتج عن أنظمة الإنحلال الحراري وتحويل المخلفات إلى ديوكسين (Dioxins) وفوران (Furans) والملوثات العالقة الأخرى.

تقطير الماء Water Distillation

التقطير تكمن في رفع درجة حرارة المياه الى درجة الغليان وتكوين بخار الماء الذي يتم تكثيفه بعد ذلك الى ماء.

تأين الماء Water Ionization

تعرف عملية التأين بأنها: "عملية تحول جزيئات مركب ما، إلى أيونات". وبالنسبة إلى الماء، فإن معدل تأينه يُعدّ ضعيفاً جداً، إذا ما قورن بمعدلات التأين في المركبات الأخرى. إلاّ أنه قد يحدث تحلل لبعض جزيئات الماء، إلى أيوني الهيدروجين الموجب (H^+) والهيدروكسيل السالب (OH^-).

عسر الماء Water Hardness

عسر الماء هوقياس تقليدي لقدرة الماء علي التفاعل مع الصابون، اذ يتطلب الماء العسر مقدارا كبيرا من الصابون لانتاج الرغوة المطلوبة للتنظيف، ووجود ايونات الكالسيوم والماغنيسيوم هي غالبا المسببة لحدوث العسر.

تلوث الماء Water Pollution

يقال ان الماء ملوث اذا ما احتوي علي مواد غريبة سائلة او صلبة عضوية او غير عضوية ذائبة او غير ذائبة او كائنات دقيقة، وتغير هذه المواد من الخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للماء، وبذلك يصبح غير صالح للاستهلاك المنزلي او في الزراعة او في الصناعة.

تلوث مجري الماء Water Stream Pollution

يعرف تلوث الماء – حسب ما أصدرته هيئة الصحة العالمية أن المجرى المائي يعتبر ملوث عندما يتغير تركيب عناصره، او تتغير حالته بطريقة مباشرة او غير مباشرة،بسبب نشاط الإنسان ، بحيث تصبح هذه المياه اقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة لها او لبعضها، وهذا التعريف يتضمن أيضا ما يطرأ على الخصائص الطبيعية و الكيميائية والبيولوجية التي قد تعل المياه غير صالحة للشرب او غير صالحة للاستهلاك المنزلي او في الصناعة او في الزراعة.

الامواج Waves

وهي اضطراب في الماء ينجم عن تحرك جزيئاته ارتفاعاً وانخفاضاً في حركة توافقية منتظمة، يتولد عنه حركة مستمرة في مياه البحار والمحيطات.

معلومات هامة مفيدة

الاوزان والمقاييس:

□الوحدات الأساسية **Units SI Base**

الكمية المقاسة Measured Quantity		الوحدة		الرمز	
الطول أو البعد	Length	المتر	meter	م	m
الكتلة	Mass	الكيلوجرام	Kilogram	كلج	Kg
الزمن	Time	الثانية	Second	ث	s
درجة الحرارة	Temperature	درجة الكلفين	Kelvin		K
التيار الكهربائي	Electrical Current	الأمبير	Ampere		A
كمية المادة	Quantity of matter	ألمول	Mole		mol
شدة الاستضاءة	Luminosity	القنديلة	Candela		Cd
الزاوية المسطحة	Plane angle	الراديان	Radian		rd

□بعض الوحدات المشتقة التي نستعملها بكثرة في واقعنا الصناعي.

الكمية المقاسة Measured Quantity		الوحدة من القانون الفيزيائي	الرمز
المساحة	Surface	الطول x الطول	m^2
الحجم	Volume	الطول x الطول x الطول	m^3
السرعة الخطية	Speed	الطول / الزمن	m/s
الذبذبة	Frequency	1/ الزمن	Hz
الكثافة	Density	الكتلة / الحجم	kg/m^3
التسارع	Acceleration	السرعة / الزمن	m/s^2
القوة	Force	الكتلة x التسارع	N
الضغط	Pressure	القوة / المساحة	N/m^2
التدفق	Flow Rate	الحجم / الزمن	m^3/s

□مضاعفات و أجزاء الوحدات الأساسية المعتمدة

اســـم المعامل Prefix	الرمز	معامل الضرب
Tera التيرا	T	10^{12}
Gigaالجيقا	G	10^{9}
Megaالميجا	M	10^{6}
kilo الكيلو	k	10^{3}
	Base Unit الوحدة الأساسية	
centi- السنتي	c	10^{-2}
milli- الميلي	m	10^{-3}
micro-الميكرو	μ	10^{-6}
nano-النانو	n	10^{-9}
pico-البيكو	p	10^{-12}

□ المساحات Areas

الوحدة	بوصة مربعة	قدم مربع	ياردة مربعة	ميل مربع
1 مليمترمربع	0.00155	–	–	–
1سنتيمترمربع	0.15500	–	–	–
1 مترمربع	–	–	1.196	–
1 كيلومترمربع	–	–	–	0.38608

الوحدة	مليمترمربع	سنتيمترمربع	مترمربع	كيلومترمربع
1 بوصة مربعة	645.16	6.4516	–	–
1قدم مربع	92903	929.03	0.092903	–
1ياردة مربعة	–	8361.3	0.83613	–
1 ميل مربع	–	–	–	2.5900

□ السعة –الحجم Capacity -Volume

الوحدة	اونصة سائلي	كوارتس (ارباع الجالونات)	جالون (امريكي)
1 مليلتر	0.033814	–	–
1 لتر	33.814	1.0567	0.26417

الوحدة	مليلتر	ديسيلتر	لتر
1 اونصة سائلي	29.573	0.29573	0.02957
1 كوارتس	946.35	9.4635	0.94635
1 جالون (امريكي)	3785.4	37.854	3.7854

□الاطوال Lengths

الوحدة	البوصة	القدم	الياردة	الميل
1 مليمتر	0.0394	–	–	–
1سنتيمتر	0.394	0.03281	0.01093	–
1 متر	39.37	3.281	1.0936	–
1 كيلومتر	39369.6	3280.8	1093.6	0.62137

الوحدة	مليمتر	سنتيمتر	متر	كيلومتر
1 بوصة	25.4	2.54	0.0254	–
1قدم	304.8	30.48	0.3048	–
1ياردة	914.4	91.44	0.9144	–
1 ميل	–	–	1609.3	1.6093

□الكتلة – الوزن Mass- Weight

الوحدة	جران	اونصة (اونس)	رطل
1 جرام	15.4	0.0353	–
1كيلوجرام	15400	35.3	2.2046
1طن متري	–	–	2204.6

□ قوي Power

قوة حصان = 745.70 وات (جول / ثانية)

1 كيلووات = 1.341 حصان تجاري

طاقة الفرد البشري = 80–85 وات

طاقة الثور = 500–550 وات

طاقة الحمار= 80–85 وات

طاقة البغل = 375– 400 وات

□الضغوط Pressures

1 رطل / البوصة المربعة = 0.069 بار

1 بار = 14.50 رطل / البوصة المربعة

1 رطل / البوصة المربعة = 0.068 ضغط جوي

1 ضغط جوي = 14.70 1 رطل /البوصة المربعة

1 رطل / البوصة المربعة = 0.070 كيلوجرام / سم2

1 كيلو جرام / سم2 = 14.28 1 رطل / البوصة المربعة

1 بار = 100 كيلو باسكال

□السرعة Speed

عقدة بحرية = 0.8684 ميل / ساعة

ميل / ساعة = 1.1515 عقدة بحرية

معدل التدفق Flow Rate

1 مترمكعب / ساعة = 16.667 لتر / دقيقة

1 لتر / دقيقة = 0.06 متر مكعب /ساعة

1 متر مكعب/ يوم = 41.66667 لتر / ساعة = 0.694445 لتر / دقيقة

لتحويل	إلى	يضرب في
الجالونات (المملكة المتحدة)	لترات	4.54609
الجالونات (الولايات المتحدة)	لترات	3.785411784
الأمتار المكعبة	لترات	1000
اللترات	أمتار مكعبة	0.001
المليلترات	لترات	0.001

Some Useful Calculations

<u>Concentrations and mass Calculations</u>

1 ppm = 1000 ppb (parts per billion) = 1 mg/kg (solid) = 1 mg/l (liquid)

1 ppm × 1/10000 = percent

1 ppb = 1000 ppt (parts per trillion) = 1 µg/kg (solid) = 1 µg/l (liquid)

1 milligram (mg) = 0.001 gram and 1 kilogram (kg) = 1،000 grams

mg = milligrams (10^{-3} g)
µg = micrograms (10^{-6} g)
ng = nanograms (10^{-9} g)
pg = picograms (10^{-12} g)

µm = micrometer (10^{-6} m)

nm = nanometer (10^{-9} m)

1% = 10.000 mg/L

Ibs = mg /l × MGD × 8.34 Ib / gal

Concentration mg / l = pounds per day / flow (MGD) × 8.34 Ib/gal

°C = 5/9 (°F – 32)

°F = (9/5 °C) + 32

percent water + percent solids = 100 percent

percent solids = 100 percent – percent water

المراجع

المراجـــع العربية:

1- علوم تلوث البيئة حسن بن محمد السويدان دار الخريجي للنشر 1997 م

2- التلوث مشكلة العصر د / أحمد مدحت اسلام عالم المعرفة –الكويت 1992م

3- المدخل الي العلوم البيئية سامح غريبة ويحي الفرحان عمان الاردن 1987.

4-معالجة مياه الصرف الصحي وتشغيل المحطات احمد السروي.دار الكتب العلمية 2006.

5- مجلة اسيوط للدراسات البيئية اعداد مختلفة 2001-2005.

6- الملوثات الكيميائية والبيئة محمد ابراهيم وزيدان هندي الدارالعربية للنشر 1996م.

7- كمياء البيئة ابراهيم زامل الزامل دار الخريجي للنشر 1999م.

8- أسس تدوير النفايات للأستاذ الدكتور أحمد عبد الوهاب عبد الجواد ــ الدار العربيـــة للنشـــر والتوزيع ــ القاهرة 1997.

9- المعالجة البيولوجية لمياه الصرف أحمد السروي الدار العلمية 2007.

10- الهندسة البيئية د/ فاضل حسن احمد -جامعة عمر المختار – ليبيا.

11- معالجة مياه الصرف الصناعي - احمد السروي.دار الكتب العلمية 2007.

12- صلاح محمود الحجار، التوازن البيئي وتحديث الصناعة، سلسلة تكنولوجيا الإنتاج الأنظف، دار الفكر العربي، الطبعة الأولى، 2003، القاهرة مصر.

13- الإنسان وتلوث البيئة ــ للدكتور محمد السيد أرنـــاؤوط ــ الـــدار المصـــرية اللبنانيـــة ــ القاهرة 1999.

14- المبيدات والتلوث البيئي د / علي محمد علي عبدالله. سلسلة العلم والحياه 2003.

15- الهندسة الوراثية وابحاث البيئة د/ عبد الباسط الجمل 2000م.

16- كتاب دورات الحياة والاتزان البيئي، أ.د. نظمي خليل أبو العطا موسى دكتور الفلسفة في العلوم – جامعة عين شمس 2000م.

المراجع الاجنبية:

1- Environmental Chemistry Stanley E. Manahan 2004.

2-Introduction to Environmental Science W.HFreeman and Company، San Francisco 1980.

3- Water Pollution Causes، Effect and Control PK.GOEL New age International limited publisher1997.

4- Paul Choi et.al Water، Air and Soil Pollution 1985.

5- Environmental Chemistry B.Venkateswarlu -Kalayani Publisher 2000.

6- S. Abdel-Sattar، (2002): "Power Frequency Electromagnetic Pollution (Review Paper)"، Presented at the International Conference for Development and the Environment in the Arab World، Assiut University، Assiut، Egypt، and March 26-28، 2002.

7- Burton، M.A.S.، Biological Monitoring of Environmental Contaminants، University of London، 1986.

8- World Health Organization، WHO، Guidelines for the Use of Wastewater In Agriculture and Aquaculture، T.R. no. 778، Geneva،1989.

9- Hand book of Water resources and Pollution Control Harry W and Jacob 1979.

10-Botkin. D. B and keller، E.A. 2003. Nuclear Energy and the Environment: in Environmental Science. (Botkin and Keler edts); john wiley & sons، inc. 4th Edition، pp668.

11- State of the Environment Report. 1991. Environmental Protection Council "A Case Study of Crimes Against the Environment". Kuwait.

12- Burton، M.A.S.، Biological Monitoring of Environmental Contaminants، University of London، 1986.

13- World Health Organization، WHO، Guidelines for the Use of Wastewater In Agriculture and Aquaculture، T.R. no.778، Geneva،1989.

14- Heesman، R،. Wilson، A،. Manual ...

Water Industry، Water

مقدمة في كيمياء التلوث البيئي







دار الحامد للنشر والتوزيع

الأردن - عمان - ص.ب: 366 عمان 11941 الأردن
هاتف:5231081 فاكس: 009626-5235594
e-mail: daralhamed@yahoo.com
www.daralhamed.net